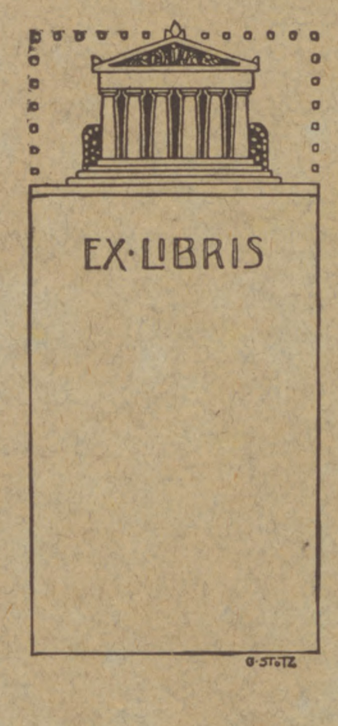
Kryptogamen

von

M. Möbius



Verlag von Quelle & Meyer in Leipzig


EX·LIBRIS
G·STOTZ

Wissenschaft und Bildung

Einzeldarstellungen aus allen Gebieten des Wissens
Herausgegeben von Privatdozent Dr. Paul Herre

Im Umfange von 130—180 Seiten
Geh 1 M. Originalleinenbd. 1,25 M.

Die Sammlung bringt aus der Feder unserer berufensten Gelehrten in anregender Darstellung und systematischer Vollständigkeit die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung aus allen Wissensgebieten.

Sie will den Leser schnell und mühelos, ohne Fachkenntnisse vorauszusetzen, in das Verständnis aktueller wissenschaftlicher Fragen einführen, ihn in ständiger Fühlung mit den Fortschritten der Wissenschaft halten und ihm so ermöglichen, seinen Bildungskreis zu erweitern, vorhandene Kenntnisse zu vertiefen, sowie neue Anregungen für die berufliche Tätigkeit zu gewinnen. Die Sammlung „Wissenschaft und Bildung" will nicht nur dem Laien eine belehrende und unterhaltende Lektüre, dem Fachmann eine bequeme Zusammenfassung, sondern auch dem Gelehrten ein geeignetes Orientierungsmittel sein, der gern zu einer gemeinverständlichen Darstellung greift, um sich in Kürze über ein seiner Forschung ferner liegendes Gebiet zu unterrichten. Ein planmäßiger Ausbau der Sammlung wird durch den Herausgeber gewährleistet. Abbildungen werden den in sich abgeschlossenen und einzeln käuflichen Bändchen nach Bedarf in sorgfältiger Auswahl beigegeben.



Über die bisher erschienenen Bändchen vergleiche den Anhang

Wissenschaft und Bildung
Einzeldarstellungen aus allen Gebieten des Wissens
Herausgegeben von Privatdozent Dr. Paul Herre
47

Kryptogamen

Algen, Pilze, Flechten, Moose und Farnpflanzen

Von

Dr. M. Möbius
Professor am Senckenberg. Institut
Frankfurt a. M.



1908
Verlag von Quelle & Meyer in Leipzig



Buchdruckerei Julius Klinkhardt, Leipzig

Inhalts-Übersicht.

Einleitung mit Literaturangaben.

Es gibt viele Liebhaber der Pflanzenwelt. Sie begnügen sich aber meistens damit, die Blütenpflanzen zu sammeln, mit Hilfe einer sog. Flora ihres Gebietes zu bestimmen und im Herbarium aufzubewahren. In solchen floristischen Bestimmungsbüchern werden in der Regel außer den Blütenpflanzen (Phanerogamen) von den blütenlosen (Kryptogamen) höchstens noch die Farne berücksichtigt, die große Fülle der niederen Formen bleibt ungenannt und ungekannt. Es werden etwa noch „Pilze" gesammelt, wobei aber das Hauptinteresse darauf beruht, ob sie eßbar oder giftig sind. So bleibt es verborgen, daß an Mannigfaltigkeit der Gestaltung und vielfach an schönheitlichen Reizen die Algen, Pilze, Flechten und Moose den sog. höheren Pflanzen weit überlegen sind und eine größere Berücksichtigung verdienen, als ihnen zuteil wird. Aber freilich ist ihr Studium auch weit schwieriger und bedarf in vielen Fällen besonderer optischer Hilfsmittel: schon bei der bloßen Bestimmung ihrer Arten ist das Mikroskop nicht zu entbehren.

Das vorliegende kleine Buch erhebt nicht den Anspruch, die Kryptogamen wirklich kennen zu lehren, es versucht nur zu zeigen, was für Gruppen hierher gehören, und in wie verschiedener Hinsicht sie von Interesse sind; es möchte Anregung zum weiteren Studium geben. Wer dazu Lust bekommt, wird sich auch nach weiterer Literatur umsehen, und in dieser Hinsicht wollen wir hier noch einige Winke geben.

Ein eigentliches Lehrbuch über Kryptogamen ist mir nicht bekannt, dagegen behandeln alle besseren Lehrbücher auch dieses Gebiet in systematischer Weise, von ihnen will ich nur nennen:

Strasburger, Noll, Schenck und Karsten, Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. (9. Auflage, 1908, Jena, bei Fischer; Preis geb. 8.50 Mk.) Hier hat Schenck den Abschnitt

über die Kryptogamen unter Beigabe von über 150 Abbildungen in vortrefflicher Weise ausgeführt.

Ferner seien genannt:

E. Warming, Handbuch der systematischen Botanik. Deutsche Ausgabe, 2. Auflage von M. Möbius. (Berlin bei Gebr. Borntraeger, 1902) 8 Mk. und:

R. v. Wettstein, Handbuch der systematischen Botanik. (Leipzig und Wien, bei F. Deuticke, 1901) I. Bd. 7 Mk., II. Bd., 1. Tl. 6 Mk.

Die eingehendste Bearbeitung durch Spezialisten, die sich gleichmäßig auf alle Abteilungen der Kryptogamen erstreckt, wird diesen in dem großen Werke zuteil: Engler und Prantl', Die natürlichen Pflanzenfamilien (Leipzig bei W. Engelmann); hier bilden sie den ersten Teil in vier Abteilungen, 6 reich illustrierte Bände sind erschienen, nur die Moose sind noch nicht ganz vollendet.

Sodann haben wir zweier großer floristischer Werke zu gedenken, die noch im Erscheinen begriffen sind:

1. Rabenhorsts Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz (Leipzig bei E. Kummer), ein vielbändiges und von Spezialisten sehr gründlich bearbeitetes Werk, dessen Bände einzeln zu kaufen sind.

2: W. Migula, Kryptogamen-Flora von Deutschland, Deutsch-Österreich und der Schweiz, im Anschluß an Thomés Flora von Deutschland (Gera bei F. von Zezschwitz). Hiervon sind zwei Bände (Moose und Algen 1. Teil) erschienen, die Farnpflanzen sind im ersten Bande von Thomés Flora erschienen, das übrige steht noch aus. Das Werk ist mit vielen Tafeln versehen und sehr empfehlenswert.

Zum Bestimmen sei auch empfohlen der 3. Band von Leunis', Synopsis der Pflanzenkunde, 3. Auflage von A. B. Frank (Hannover, Hahnsche Buchhandlung 1886) und O. Wünsche, Die Kryptogamen Deutschlands (Leipzig bei B. G. Teubner, 1875, 1.60 Mk.)

Für die einzelnen Gruppen erwähnen wir noch folgendes:

Über die Thallophyten (Algen und Pilze) sind die neuesten Untersuchungen zusammengestellt in dem 1. Band von:

J. P. Lotsy, Vorträge über botanische Stammesgeschichte (Jena bei G. Fischer, 1907, 693 Seiten mit 430 Abbild.) 20 Mk.

Die Algen sind wissenschaftlich vortrefflich bearbeitet in dem neuen, zweibändigen, reichillustrierten Werk:

F. Oltmanns, Morphologie und Biologie der Algen. (Jena bei G. Fischer, 1905), 32 Mk.

Zum Bestimmen der Süßwasseralgen empfehlen wir für Anfänger:

O. Kirchner, Die mikroskopische Pflanzenwelt des Süßwassers. 2. Auflage. (Braunschweig bei Häring, 1891). 12 Mk.

Für die Characeen hat W. Migula eine kleine Synopsis Characearum europaearum herausgegeben (deutsch), die sich durch ihre vielen guten Abbildungen auszeichnet (Leipzig bei E. Kummer 1898) 8 Mk.

Von Werken über die Pilze im Allgemeinen (incl. Flechten) sind die älteren Bücher:

De Bary, Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze usw. (Leipzig bei W. Engelmann, 1884) 13 Mk. und

W. Zopf, Die Pilze. (Breslau bei E. Trewendt) 12 Mk. immer noch gut zu gebrauchen; die Ergebnisse der neuesten Untersuchungen sind bei: Lotsy (s. oben) berücksichtigt.

Zur Bestimmung der Pilze (Schwämme) gibt es eine Anzahl guter und weniger guter „Pilzführer". Besonders empfohlen seien die von E. Michael, von denen zwei Ausgaben erschienen sind: eine kleine Volksausgabe für 1.50 Mk. und eine größere in 3 Bänden für 18 Mk. (Zwickau bei Förster und Borries.)

Mikroskopische Pilze zu bestimmen ist für den Anfänger recht schwer; hier können zu Hilfe genommen werden die „Hilfsbücher" von G. Lindau: eines für das Sammeln parasitischer Pilze (1.70 Mk.) und eines: für das der Ascomyceten (3.40 Mk.) auch sein 3. Hilfsbuch: für das Sammeln und Präparieren der niederen Kryptogamen (1.50 Mk.) sei bei dieser Gelegenheit erwähnt. (Berlin bei Gebr. Bornträger.)

Für Flechten ist ein neueres Kompendium nicht erschienen, wir müssen also auf die Lehr- und Handbücher der Botanik verweisen und für das Bestimmen auf:

L. Rabenhorst Kryptogamen-Flora von Sachsen usw. 2. Abteilung, die Flechten (Leipzig bei E. Kummer, 1870).

Zum Bestimmen der Moose gibt eine gute Anleitung, aber ohne Abbildungen:

P. Sydow, Die Moose Deutschlands. (Berlin bei A. Stubenrauch, 1881, 2 Mk.) und P. Sydow, Die Lebermoose Deutschlands (ebenda 1882, 1.20 Mk.), G. Hahn, Die Lebermoose Deutschlands (Gera bei Kanitz, 1885) ist mit 12 Tafeln in Farbendruck versehen. (6 Mk.)

Ein großes neues Werk über Laubmoose, das sehr gerühmt wird, ist:

G. Roth, Die europäischen Laubmoose. (Leipzig, bei W. Engelmann, 1904—1906) 2 Bände mit 125 Taf. (47.20 Mk.)

Die Farne und ihre Verwandten sind, wie eingangs erwähnt, in den meisten Floren mit den Blütenpflanzen behandelt. Zur Bestimmung der deutschen Arten ist das ausführlichste Werk der dritte von Luerssen bearbeitete Band der neuen (1889) Rabenhorstschen Kryptogamen-Flora (33 Mk.), dagegen sind in:

H. Christ, Die Farnkräuter der Erde. (Jena bei G. Fischer, 1897, 12 Mk.) wohl alle Gattungen aber nicht alle Arten behandelt, mit vielen Abbildungen.

Schließlich kann ich nicht unterlassen, auf ein Werkchen der älteren Literatur aufmerksam zu machen: E. A. Roßmäßler, Flora im Winterkleide. (Stuttgart bei E. Hänselmann, 1887) worin das Leben der Kryptogamen in der Weise dargestellt ist, die eben Roßmäßlers populär-naturwissenschaftlichen Schriften ihren dauernden Wert verleiht.

Außer den von uns angeführten gibt es freilich auch noch manch' andere Bücher, die gut und empfehlenswert sind, aber wir müssen uns auf eine gewisse Auswahl beschränken, und es wurden solche Schriften ausgewählt, die gerade für die geeignet sein dürften, die erst durch das vorliegende Heft zur näheren Bekanntschaft mit den Kryptogamen veranlaßt werden. In Lehr- und Handbüchern sind ja dann fernere Hinweise zu finden, und wer den Willen dazu hat, arbeitet sich leicht in die Literatur ein. Will er selbst Untersuchungen mit dem Mikroskop machen, so kann er freilich eine praktische Einführung, d. h. den Unterricht eines Botanikers oder eines anderen eingeübten Forschers nicht gut entbehren. Außer den frischen Pflanzen ist auch Herbarmaterial in den meisten Fällen gut zu verwenden, und es hat natürlich einen großen Vorteil, sicher bestimmte Pflanzen zu untersuchen. In dieser Hinsicht sei noch empfohlen das jetzt von

W. Migula herausgegebene Herbarium: Kryptogamae Germaniae, Austriae, et Helvetiae exsiccatae. (Der Faszikel mit 25 getrockneten Arten kostet 10 Mk.)

Zu dem vorliegenden Hefte habe ich nur noch wenig zu bemerken. Der Versuch, die Kryptogamenkunde in mehr populärer Weise zu behandeln, dürfte seit Roßmäßler noch nicht wieder gemacht worden sein. Eine Menge fremder Namen läßt sich dabei natürlich nicht vermeiden; die Fachausdrücke für allgemeine Bezeichnungen sind immer erklärt, die Pflanzenbenennungen zum Teil auch, aber oft ist gar kein deutscher Name vorhanden oder er sagt dem Nichtbotaniker nicht mehr als der fremde. Daß einzelne Wiederholungen vorkommen, scheint dem Verfasser kein Fehler, sondern ein Hilfsmittel zum besseren Verständnis zu sein. Er bittet also die Leser und die Fachgenossen, diesen Versuch der Behandlung unseres Themas mit Wohlwollen aufzunehmen. Den Herren Verlegern ist er für Ausstattung und Illustrierung zu Danke verbunden. Bleibt auch die Zahl der Abbildungen hinter der, die zum Verständnis eigentlich nötig wäre, zurück, so muß man doch zugeben, daß sie bei dem geringen Preis des Buches recht groß ist; ein Teil ist Schmeils Lehrbuch der Botanik mit dessen freundlicher Bewilligung entnommen, ein beträchtlicher Teil ist vom Verfasser für diesen Zweck neu gezeichnet worden.

Frankfurt a. M., im Dezember 1907.

M. Möbius.

1. Kapitel.

Die Kryptogamen im Allgemeinen und ihre erste Entwicklungsstufe.

In die 24. Klasse seines berühmten Sexualsystems vereinigt Linné alle Pflanzen, bei denen keine sichtbaren Blüten vorhanden sind und nennt sie deshalb Kryptogamen d. h. Verborgenblütige, denn nach seiner Theorie ist jede Pflanzenart mit Blüte und Frucht ausgestattet, auch wo das Auge sie nicht bemerkt. Er stellt diese 24. Klasse, die er einteilt in Farne, Moose, Algen, Pilze und Flechten (abgesehen von den auch hierhergestellten Rafflesiaceen) somit den übrigen 23 Klassen, als den sichtbar blütigen Pflanzen, die wir jetzt Phanerogamen nennen, gegenüber. Auch jetzt noch können wir das Pflanzenreich, wenn es sich um die Erlangung einer leichten Übersicht handelt, einteilen in die Phanerogamen und Kryptogamen, nur daß wir dann mit diesen Namen etwas andere Begriffe verbinden und unter den ersteren die Samenpflanzen, unter letzteren die Sporenpflanzen verstehen, denn allen Kryptogamen gemeinsam ist, daß sie einzellige, Sporen genannte, Fortpflanzungsorgane bilden, im Gegensatze zu den bekannten Samen, die aus vielen Zellen bestehen und bereits die differenzierte Anlage der neuen Pflanze einschließen.

Diese Kryptogamen können wir dann weiter einteilen in 3 Klassen, nämlich 1. die Pteridophyten*), d. h. die Farnpflanzen mit Bärlappgewächsen und Schachtelhalmen. 2. Die Bryophyten, d. h. die Laub- und Lebermoose. 3. Die Thallophyten d. h. die Algen, Flechten und Pilze. Von diesen 3 Gruppen wollen wir hier nur kurz das Wichtigste sagen.

Die Farnpflanzen in weitesten Sinn stehen den Phanerogamen in sofern auch äußerlich am nächsten, als an ihnen noch Wurzel, Stamm und Blatt zu unterscheiden ist; demgemäß haben

*) Pteron (griech.) = Flügel, Blatt, und „Farn" gehen etymologisch auf ein gemeinsames Stammwort zurück.

sie auch eine ganz ähnliche Differenzierung in anatomischer Hinsicht, besitzen vor allem echte Gefäßbündel oder Leitstränge. Die Sporen werden an gewöhnlichen oder besonders differenzierten Blättern in kleinen Kapseln hervorgebracht.

Die Moose stehen insofern schon auf einer tieferen Stufe, als bei ihnen keine eigentlichen Wurzeln mehr gebildet werden, selbst Stamm und Blatt nicht immer zu unterscheiden sind; demgemäß wird auch der innere Bau einfacher, und sind echte Gefäßbündel nicht mehr vorhanden. Die Sporen werden in einer Kapsel erzeugt, die als selbständiges, neues Gebilde, in später zu schildernder Weise, aus der Moospflanze hervorgeht.

Die Thallophyten zeigen im allgemeinen keine Differenzierung in Wurzel, Stamm und Blatt und einen sehr vereinfachten anatomischen Bau; man nennt einen solchen Pflanzenkörper ein Lager oder einen Thallus, mit welchen Namen wir also einen wesentlich negativen Begriff verbinden. Die Sporen werden auf sehr verschiedene Weise hervorgebracht. Von diesen Thallophyten nennen wir diejenigen, die Chlorophyll besitzen und sich mit dessen Hilfe selbständig ernähren können, Algen, auch wenn das grüne Chlorophyll durch einen anderen Farbstoff verdeckt ist; die, welche kein Chlorophyll besitzen, also auf andere Organismen oder deren Reste bei der Ernährung angewiesen sind, Pilze.*) Die Flechten bilden eigentlich keine selbständige Klasse, denn sie sind Pilze, die sich mit Algen verbunden haben und sich dadurch auch selbständig ernähren können.

Indessen ist diese Einteilung mehr eine orientierende Übersicht und läßt sich nicht in derselben Weise beibehalten, wenn wir ein sogenanntes phylogenetisches System aufzustellen streben, d. h. wenn wir uns bemühen, in dem System die Entwicklung des Pflanzenreiches aus der einfachsten Urform zu den höher differenzierten Formen auszudrücken, wenn wir also mit dem System den Stammbaum der Pflanzen wieder herstellen wollen. Da müssen wir zunächst eine Gruppe einfachster Organismen annehmen, von denen die beiden großen Reiche der Tiere und Pflanzen ihren gemeinschaftlichen Ursprung genommen haben, und bei denen überhaupt noch nicht entschieden werden kann,

*) Pflanzen, die sich von andern lebenden Pflanzen oder Tieren ernähren, heißen Parasiten, und solche, die sich von abgestorbenen Pflanzen oder Tieren oder organischen Resten ernähren, heißen Saprophyten: man unterscheidet also parasitische und saprophytische Ernährung.

welchem der beiden Reiche die einzelnen Formen angehören. Die ersten deutlichen Pflanzen, die sich von hier aus entwickeln, sind Algen, aber die Algen sind nun keine einheitliche Gruppe, sondern aus jenen Urformen entspringen mehrere kleine Stämme, die als chlorophyllhaltige Thallophyten zu den Algen zu rechnen sind, und es bildet sich nur ein größerer Stamm, der dann, wie anzunehmen ist, weiter den Moosen den Ursprung gibt; von den Moosen gelangen wir zu den Farnen und von diesen zu den Phanerogamen. Von der Hauptgruppe der Algen zweigt sich dann seitlich ab die Hauptgruppe der Pilze, während einige kleinere Gruppen ebenfalls chlorophylloser Thallophyten direkt von den einfachsten Organismen ihren Ursprung nehmen dürften. Dies ist in großen Zügen der Stammbaum oder das phylogenetische System des Pflanzenreichs, mit dessen Anfängen wir uns zunächst zu beschäftigen haben.

Natürlich sind es einzellige Organismen, die an der unteren Grenze des Pflanzenreiches stehen. Ein Protoplasmaklümpchen mit einem Zellkern ist das einfachste Wesen, das für sich bestehen kann und zwar im Wasser. Manchmal ist der Körper nackt, manchmal wird das Plasma noch von einer besonderen Membran (Haut) umschlossen, gewöhnlich aber ragen aus dem Plasma feine Fäden heraus, in Ein- oder Mehrzahl, die hin und hergeschwungen werden wie eine Geißel (Flagellum) und dadurch den Körper selbst durch das Wasser bewegen: man nennt deshalb solche einzellige, mit Geißeln oder Cilien versehene Organismen Flagellaten. Wir können also sagen, die Gruppe der Flagellaten bildet die Grundlage für eine Anzahl größerer oder kleinerer Reihen, die schon entschieden zum Pflanzenreich zu rechnen sind, während die Flagellaten selbst viele Anklänge an das Tierreich zeigen und ebenso gut von den Zoologen wie von den Botanikern untersucht werden: die tierischen Sarkodinen, Heliozoen und Infusorien zeigen zu den Flagellaten nahe Beziehungen, gehen ebenfalls von flagellatenartigen, niedersten Organismen aus. Nun sind aber die Flagellaten selbst keine einheitliche Gruppe, sondern zeigen deutliche Entwicklung von einfachen zu höheren Formen und können somit in eine ganze Anzahl von Familien gegliedert werden. Die Vermehrung erfolgt nur durch Teilung der Zellen, und zwar teilen sich die Zellen immer in derselben Richtung so, daß die Teilungsebene in die Längsaxe des Körpers zu liegen kommt. (Fig. 1) Das ist für die Flagel-

laten sehr charakteristisch und unterscheidet sie von anderen einzelligen und beweglichen Algen. Fortpflanzungsorgane oder Kopulation von Zellen sind hier nicht bekannt, höchstens können die beweglichen Zellen in einen Ruhezustand übergehen, in dem sie eine abgerundete Form zeigen und eine feste Hülle bekommen. Aus diesen sogenannten Dauercysten entstehen dann bei ihrer Weiterentwicklung oder Keimung mehrere bewegliche Zellen. Über die verschiedenen Formen müssen wir uns kurz fassen. Im einfachsten Fall sind sie noch chlorophyllfrei und somit ungefärbt, auch zeigen sie an dem Körper keinen Unterschied zwischen vorn und hinten: überall entspringen Geißeln und an jeder Stelle kann ein als Nahrung verwendbares Körperchen in das Protoplasma aufgenommen werden. Sodann entsteht eine Unterscheidung zwischen vorderem und hinterem Körperende, indem das vordere dadurch charakterisiert wird, daß hier die Geißel oder die Geißeln entspringen und die sogenannte Schlundöffnung angebracht ist: dieses Ende ist auch bei der Fortbewegung das vordere (Fig. 1). Weitere Differenzierungen entstehen dadurch, daß sich bestimmte Körper in der Zelle als Träger von Farbstoff entwickeln, zunächst ohne Ausbildung von Farbstoff, dann aber wirklich gefärbt. Die Farbe ist hier noch nicht so beständig wie in höheren Abteilungen der Algen, sondern in der einen Gruppe sind die Farbkörper grün, in einer anderen blaugrün, in einer dritten goldgelb; ferner kann ein kleines rotes Körperchen am vorderen Ende auftreten: man hat es Augenfleck genannt, weil es äußerlich an ein einfaches Auge erinnert und besonders bei lichtempfindlichen Organismen vorhanden ist. Schließlich erheben sich die Flagellaten auf eine höhere Stufe dadurch, daß die einzelnen Zellen nach der Teilung vereinigt bleiben und sogenannte Kolonien bilden, die verschiedenartig gestaltet sind: kugelig, fächerförmig, bäumchenartig usw. Bei aller Einfachheit in der Organisation erblicken wir doch einen Reichtum von Formen, der aus bloßer Beschreibung nicht zu

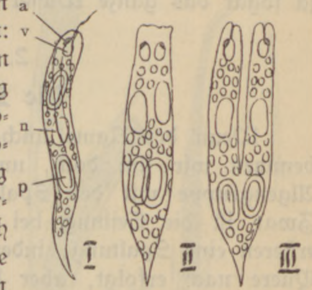


Fig. 1. Euglena Spirogyra. I. normale Zelle, II. in beginnender, III. in beinahe vollendeter Teilung. — a Augenpunkt, v Blase, n Zellkern, p Stärkekörner (Paramylon), die kleinen Körner sind Chlorophyllkörner. (I nach Stein II u. III nach Klebs).

ahnen ist. Um die Formen in der Natur kennen zu lernen, muß man immer und immer wieder die geeigneten Gewässer untersuchen, denn es hängt viel vom Zufall ab, daß man die verschiedenen Arten findet. Die Flagellaten kommen sowohl im Süßwasser als auch im Meere vor, überhaupt in jeder Wasseransammlung und sonst an feuchten Orten. Äußerlich machen sie sich nur selten bemerkbar (Bildung von Wasserblüte vergl. Kap. 4). Die in Fig. 1. abgebildete Euglena tritt manchmal in Pfützen und Gräben in solcher Menge auf, daß der Boden, ja sogar das ganze Wasser grün gefärbt erscheint.

2. Kapitel.

Die Spaltalgen.

Wenn der Name auch dem Sinn nach unpassend ist, so benutzen wir ihn doch, um damit die Verwandtschaft dieser Algengruppe mit den Spaltpilzen oder Bakterien anzudeuten. Zwar ist die Teilung bei den letzteren ebensowenig wie bei ersteren eine Spaltung, indem sie nicht der Länge, sondern der Quere nach erfolgt, aber hier ist doch der Name durch den Gebrauch festgelegt. In der botanischen Systematik heißen die hier zu besprechenden Algen neben Schizophyceen (Spaltalgen) auch Cyanophyceen (von cyaneus, blau), um die blaugrüne Farbe ihres Aussehens anzudeuten, wie sie wenigstens den meisten zukommt. Diese Farbe ist nicht an besondere kleine Körper in der Zelle (Chromataphoren), von denen schon im vorigen Kapitel die Rede war, gebunden, sondern an den äußeren Teil des Protoplasmas der Zelle, während der mittlere Teil als kernähnliches Organ betrachtet und Centralkörper genannt wird, denn ein echter Kern ist noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen, wenigstens nicht mit Übereinstimmung der verschiedenen Untersucher. Im übrigen zeigen die Zellen in ihrem Aussehen, ihrer Teilungsweise und der Art ihrer Verbindung große Ähnlichkeit mit anderen Algen. Immer sind die Zellen membranumhüllt und die Membran verquillt häufig gallertartig. Nackte Schwärmsporen*), also überhaupt bewegliche Zellen, kommen bei den Spaltalgen nicht vor, ihre Vermehrung erfolgt nur durch Zellteilung; und die Bildung von Sporen mit derber Membran

*) Unter Schwärmspore versteht man eine zur Vermehrung bestimmte Zelle, die sich durch Geißeln im Wasser weiterbewegt.

und dichtem Inhalt dient dazu, ungünstige Lebensverhältnisse, wie Austrocknung zu überstehen. Die meisten Arten leben im Wasser, viele auch an der Luft, d. h. auf der Erde, an Bäumen, Steinen, manche sogar als sogen. Raumparasiten im Gewebe höherer Pflanzen. Man findet sie also da, wo blaugrüne Massen in schmutzigen Wässern oder an feuchten Steinen und ähnlichen Orten auftreten. Wir wollen ein paar Beispiele anführen, aus denen zugleich die Einteilung ersichtlich werden möge.

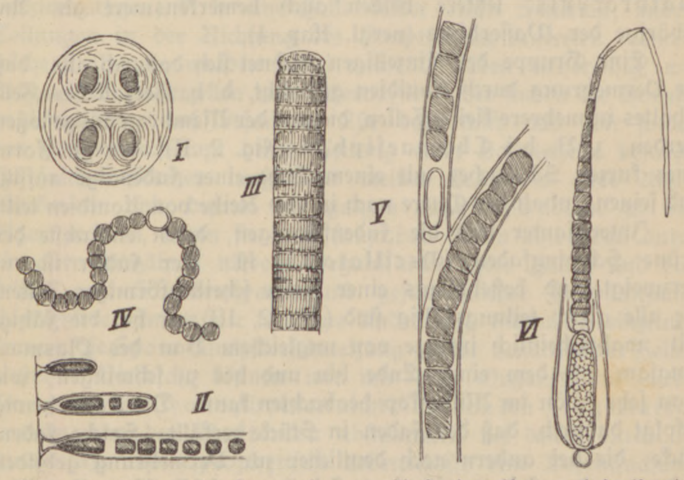


Fig. 2. Spaltalgen oder Cyanophyceen. (Nach anderen Autoren und der Natur) I. Eine vierzellige Familie von Gloeocapsa, bei der die ineinander geschachtelten Wände deutlich zu sehen sind. II. Chamaesiphon, oben die junge, ungeteilte Zelle unten die Bildung der Konidien. III. Das vordere Ende eines Schwingfadens (Oscillatoria). IV. Stück eines Nostoc-Fadens mit einer Grenzzelle. V. Stück eines Tolypothrix-Fadens. Die Verzweigung entsteht, indem der untere Teil des Fadens unterhalb der Grenzzelle seitlich ausbricht und sich verlängert. IV. Eine Rivulariacee: unten die Grenzzelle, darüber die Spore, das Ende des Fadens geht in ein Haar aus.

Man unterscheidet nämlich einzellige und fadenförmige Arten. Die Zellen der ersteren sind mehr kugelig oder mehr gestreckt (Kokkus- und Bazillusform). Eine sehr einfache Kolonie zeigt die in Fig. 2, I abgebildete Gloecapsa: die ursprüngliche Zelle, deren Membran in dem äußeren Kreisumriß zu sehen ist, hat sich in zwei übereinanderliegende Zellen geteilt, deren Membranen ebenfalls noch erhalten sind, und diese haben sich wieder in je zwei nebeneinanderliegende Zellen geteilt, deren Membranen nun direkt um den Plasmakörper liegen. Kompliziertere Ge-

stalten, wie wir sie bei manchen Protokokkoideen, vielen Desmidiaceen und Diatomeen treffen (vergl. die folgenden Kapitel), kommen nicht vor, aber häufig Koloniebildung. Bemerkenswert sind die scheibenförmigen Kolonien von Merismopedia, in denen die Zellen in einer Schicht und in regelmäßigen Längs- und Querreihen liegen, die kugeligen, maulbeerförmigen von Gomphosphaeria und die unregelmäßig geformten, gewöhnlich durchbrochenen, oft bretzelförmigen von Clathrocystis, letztere beiden auch bemerkenswert als Angehörige der Wasserblüte (vergl. Kap. 4).

Eine Gruppe der Einzelligen zeichnet sich dadurch aus, daß die Vermehrung durch Konidien geschieht, d. h. Zerfall des Zellinhaltes in mehrere kleine Zellen, die aus der Membran ausgestoßen werden, z. B. bei Chamaesiphon (Fig. 2, II), der in Form eines kurzen Schlauches mit einem Ende einer Fadenalge aufsitzt und seinen Inhalt der Quere nach in eine Reihe von Konidien teilt.

Interessanter sind die Fadenförmigen, deren einfachste der grüne Schwingfaden (Oscillatoria) ist. Der Faden ist unverzweigt und besteht aus einer Reihe scheibenförmiger Zellen, die alle gleich teilungsfähig sind (Fig. 2, III); er hat die Fähigkeit, wahrscheinlich infolge von ungleichem Bau des Plasmas, langsam mit dem einen Ende hin und her zu schwingen, wie man sehr schön im Mikroskop beobachten kann. Die Vermehrung erfolgt dadurch, daß der Faden in Stücke zerfällt. Solche Fadenstücke, die bei andern noch deutlicher zur Vermehrung gebildet, und, wo der Faden mit einer Scheide umhüllt ist, aus dieser ausgestoßen werden, heißen Hormogonien.

Differenzierungen treten noch dadurch ein, daß einzelne Zellen zu sogenannten Grenzzellen oder Heterocysten werden, die sich nicht mehr teilen und ein etwas anderes Aussehen annehmen, und daß einzelne Zellen zu Sporen werden können. So finden wir es bei den Nostocaceen, deren Fäden noch unverzweigt sind; hierher gehören außer einigen bemerkenswerten Bestandteilen der Wasserblüte (Anabaena und Aphanizomenon) die Nostoc-Arten selbst (Fig. 2, IV), bei denen die Fäden perlschnurförmig aussehen, und die Schnüre massenhaft in eine gemeinsame Gallerte eingelagert sind. Manche finden wir als kugelige Gallertmassen im Wasser schwimmen, manche als handgroße, bräunliche Gallertklumpen auf feuchter Erde, z. B. an Wegrändern (sog. Sternschnuppengallert). Bei Rivularia und Ver-

wandten gehen die Fäden an einem Ende in ein farbloses, mehrzelliges Haar aus, während das andere Ende mit einer Heterocyste versehen zu sein pflegt. (Fig. 2, VI.)

Noch andere Gruppen zeigen verzweigte Zellfäden, wie Tolypothrix (Fig. 2, V), bei denen die Verzweigung dadurch entsteht, daß unter einer Grenzzelle der Faden sich seitlich nebenhinaus schiebt, seine Teilungsrichtung beibehaltend. Die höchste Stufe zeigt Sirosiphon: hier haben wir Fäden mit echten Verzweigungen, d. h. eine Zelle bildet einen Seitenast, indem Teilungen in der Richtung des Hauptfadens auftreten. Durch solche Teilungen werden dabei auch die Fäden mehrreihig, wir finden hier Dauerzellen und Heterocysten, wir finden die Hormogonienbildung auf besondere Äste beschränkt und wir finden das Längenwachstum durch Teilung einer Scheitelzelle besorgt. In solchen Formen muß man meines Erachtens echte Algen anerkennen und darum die ganzen Cyanophyceen zu den Algen rechnen, wenn sie auch sonst von diesen abweichen durch die oben erwähnte niedere Organisation ihrer Zellen und das Fehlen von Schwärmsporen und geschlechtlicher Fortpflanzung. Von letzterer finden wir nur eine Andeutung, indem bei einzelnen Formen die Spore durch Verschmelzung zweier benachbarter Zellen entsteht. Vielleicht können wir uns diese Organisation so erklären, daß die Cyanophyceen nicht direkt von den Flagellaten, sondern von den Bakterien abstammen, bei denen durch die parasitische und saprophytische Lebensweise eine Vereinfachung in der Organisation eingetreten ist: diese Reduktion bleibt dann bei ihnen erhalten, auch wenn sie durch Chlorophyllbildung wieder zu selbständigen Pflanzen werden und sich in der äußeren Morphologie den eigentlichen Algen nähern.

3. Kapitel.

Diatomeen, Peridineen und Konjugaten.

Von den Diatomeen können wir wohl annehmen, daß sie auch den Nichtbotanikern bekannt sind, weil ihre Kieselschalen ihnen nicht nur „Unvergänglichkeit", sondern auch eine gewisse Berühmtheit verleihen, und weil, so klein auch die Einzelwesen sind, doch die Masse, in der sich die Kieselpanzer früherer Generationen angehäuft haben, sie bemerkbar macht: bestehen doch ganze Gesteine, also Teile unserer Erdrinde, wie der Biliner

Polierschiefer*), aus solcher Kieselguhr, wie man eben diese Anhäufungen von Diatomeenschalen nennt. Auch heute noch treten die Diatomeen so häufig auf, daß man kaum in irgend einem Gewässer vergebens nach ihnen sucht. Bei der Betrachtung mit dem Mikroskop erkennen wir sie an ihrer gelbbraunen Farbe und regelmäßigen Gestalt, dabei fällt uns an denen, die nicht an größeren Algen oder anderen Wasserpflanzen festsitzen, ihre Beweglichkeit auf. Manche bewegen sich wie ein von unbekannten Kräften getriebenes Schiffchen durchs Wasser und haben auch von ihrer Gestalt den Namen Navicula bekommen. (Fig. 3, I.) Wir müssen gestehen, daß wir trotz mehrerer Theorien über die Art der bewegenden Kräfte auch heute noch nicht ganz genau sagen können, mit welchen Mitteln sich die Diatomeen im Wasser bewegen; denn Geißeln, wie sie die Flagellaten besitzen, fehlen ihnen durchaus. Der plasmatische Zellkörper ist mit einem deutlichen Zellkern und zwei oder mehreren Farbstoffträgern, deren Farbe im Leben gelbbraun, nach dem Absterben grün ist, ausgestattet und in eine Membran eingeschlossen, die das Merkwürdigste an diesen Algen ist. Sie ist nämlich nicht einheitlich, sondern besteht aus zwei Stücken, die wie der Boden und der Deckel einer Schachtel zusammengefügt sind. Dies zeigt uns die 3. Abbildung der Fig. 3. So haben manche Arten ganz die Form einer kreisrunden Schachtel, sie erscheinen natürlich, von oben oder unten gesehen, kreisförmig, von der Seite gesehen, viereckig, deshalb müssen wir bei jeder Diatomee die Ansicht der Schalenseite und der sog. Gürtelbandseite untersuchen. Die erstere kann die verschiedenartigsten Figuren zeigen, und auch die Letztere ist sehr mannigfaltig in ihrem Aussehen, beide sind häufiger symmetrisch, können aber auch unsymmetrisch sein. Ganz besonders bemerkenswert sind die zierlichen Zeichnungen, die auf den Schalen angebracht sind und durch Erhöhungen und Vertiefungen hervorgerufen werden. Diese Struktur erhält sich und ist auch an den versteinerten Exemplaren noch zu sehen, weil eben die Membran durch und durch mit Kieselsäure imprägniert ist. Da wir nun die Diatomeenarten nach der Form und Struktur ihrer Schalen bestimmen, so können wir dies auch an den versteinerten (fossilen) Arten tun und diese unter die Gattungen der jetzt lebenden einreihen.

---

*) Bilin liegt bei Teplitz in Böhmen.

Die Diatomeen vermehren sich einfach durch Teilung ihrer Zellen, aber die Art der Zellteilung wird durch die Starrheit der Kieselmembran beeinflußt. Wenn sich nämlich eine Zelle teilen will, so rücken Boden und Deckel der Schale etwas auseinander, so daß die sonst übergreifenden Ränder sich nur eben berühren, und in der Mitte bildet sich ein neuer Boden für jeden alten Deckel und auch ein neuer Boden für den jetzt zum Deckel werdenden alten Boden. Dann trennen sich die neuen Zellen oder sie bleiben kettenförmig aneinander hängen. Bei den Diatomeen, die durch Ausscheidung einen Stiel bilden, um sich mit ihm auf der Unterlage festzuheften, kann bei der Teilung eine Gabelung des Stiels erfolgen, und so können bei wiederholter Teilung bäumchenartige Kolonien entstehen.

Wenn man bedenkt, daß die Schalen wegen ihrer Verkieselung starr und nicht ausdehnungsfähig sind, und wenn man sich den Vorgang der immer erneuten Zellteilung vor Augen führt, so wird man einsehen, daß die Zellen, je jünger sie werden, immer kleiner werden müssen. Damit nun ein gewisses Maß nicht unterschritten wird, werden von Zeit zu Zeit neue große Zellen gebildet (Auxosporen), indem die alten Membranen abgestreift werden, und um den herauswachsenden Plasmakörper eine ganz neue Schale gebildet wird. Bei verschiedenen Arten verhält sich die Sache verschieden, ohne daß wir auf die einzelnen Typen eingehen können. Bei manchen Arten beteiligen sich zwei Individuen an der Bildung einer Auxospore, indem ihre Zellinhalte verschmelzen. Einen solchen Vorgang nennen wir die Kopulation oder Konjugation zweier Zellen. Daß sie auch bei den Diatomeen vorkommt, ist wichtig für die Beurteilung ihrer wissenschaftlichen Einordnung und ihrer Beziehungen zu den anderen in der Überschrift genannten Algenklassen.

Von diesen sind die Peridineen den Diatomeen dadurch ähnlich, daß sie gelbbraun gefärbt sind, und daß ihre Zellmembran aus mehreren, gelenkartig zusammengefügten Stücken besteht, sie unterscheiden sich aber besonders dadurch, daß sie durch Geißeln beweglich sind und somit den Flagellaten noch näher stehen. Man findet sie im Süßwasser nicht so häufig wie die Diatomeen, aber wenn man Wasser aus einem algenhaltigen Graben unter dem Mikroskop untersucht, so sieht man manchmal ein braunes Kügelchen sich rasch durch das Gesichtsfeld bewegen. Es ist vielleicht ein Peridinium, und wir

würden bei genauerer Untersuchung sehen, daß der annähernd scheibenförmige Körper in der Mitte etwas zusammengeschnürt ist, und daß aus einem Punkte dieser Furche zwei Geisseln entspringen: die eine längere wird rings um den Körper in der Furche herumgeschlungen, die andere kürzere liegt in einer senkrecht auf der Querfurche stehenden Längsfurche. (Fig. 4.) Die Körperform kann auch bei den Peridineen außerordentlich mannigfaltig sein, sehr auffallende und schöne Formen finden wir besonders bei den marinen Arten der tropischen Meere. Überhaupt zeigen die Peridineen im Meere eine viel reichere Entwicklung als im Süßwasser und sie kommen besonders in den Meeren der gemäßigten Zonen in außerordentlicher Menge als sogenanntes Plankton (vergl. Kap. 4) vor. Die Peridineen vermehren sich durch Teilung ihrer Zellen, wobei ebenfalls je eine Tochterzelle die Hälfte der Membran der Mutterzelle erhält und die andere Hälfte neu bilden muß, also ähnlich wie bei den Diatomeen. Kopulation ist

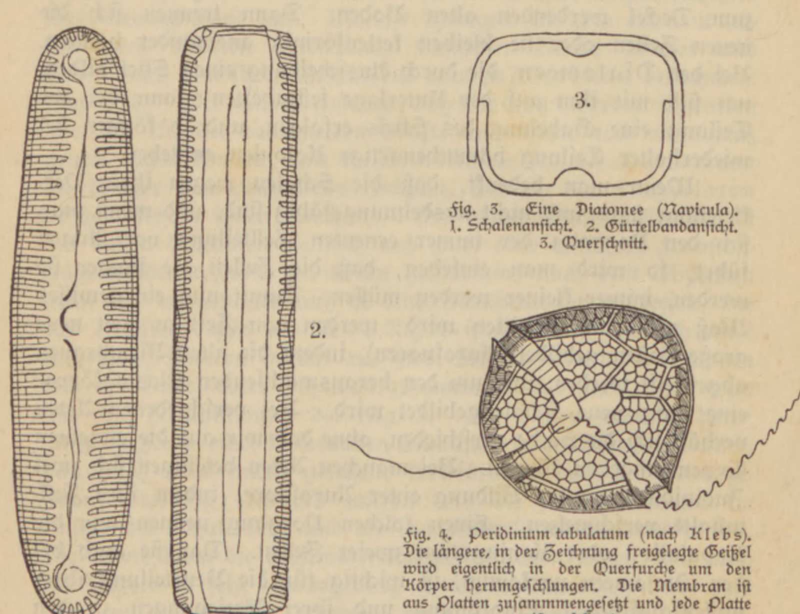


Fig. 3. Eine Diatomee (Navicula). 1. Schalenansicht. 2. Gürtelbandansicht. 3. Querschnitt.

Fig. 4. Peridinium tabulatum (nach Klebs). Die längere, in der Zeichnung freigelegte Geißel wird eigentlich in der Querfurche um den Körper herumgeschlungen. Die Membran ist aus Platten zusammmengesetzt und jede Platte ist gefeldert.

beobachtet worden, aber es liegen darüber bisher nur vereinzelte Angaben vor.

In der Zierlichkeit und Mannigfaltigkeit der Formen, wodurch die Diatomeen schon lange die Aufmerksamkeit der Mikroskopiker auf sich gezogen haben, wetteifern mit ihnen die Desmidiaceen, einzellige Algen, die eine Abteilung der Konjugaten bilden. Die Konjugaten, die durchaus dem Süßwasser angehören, sind alle rein chlorophyllgrün, die Farbstoffträger, an die das Chlorophyll gebunden ist, sind gewöhnlich verhältnismäßig groß und merkwürdig gestaltet. Bei den Desmidiaceen besteht die Membran auch aus zwei Stücken wie bei den Diatomeen, doch sind sie so dicht aneinander gefügt, daß man die Zusammensetzung nur schwer bemerkt und erst spät erkannt hat. Über Vermehrung und Teilung müßten wir wiederholen, was schon bei den Peridineen gesagt worden ist. Die Membran der Desmidiaceen ist nicht verkieselt, sie ist nicht so auffällig gezeichnet wie bei den Diatomeen, aber sie oder vielmehr die Zelle bildet häufig Auswüchse, Lappen und Stacheln, so daß eine Menge sonderbarer Formen entsteht, wovon unsere Figur (5) nur einen schwachen Begriff gibt. Wie bei den Diatomeen gibt es auch hier außer den einzeln lebenden solche, die zu Ketten vereinigt sind, und auch hier kommt die Ketten- oder Fadenbildung daher, daß die einzelnen Zellen nach der Teilung sich nicht voneinander trennen. Als neu wollen wir bei den Desmidiaceen hervorheben die Bildung von Dauersporen durch Kopulation. Wenn zwei Zellen kopulieren, so legen sie sich aneinander, ihre Membranen klappen in den Fugen auf und die Zellinhalte treten zusammen, entweder nur innerhalb einer wässerigen Schleimhülle oder in einem durch eine besondere Membran hergestellten Kopulationsraum. Die beiden Plasmakörper verschmelzen vollständig, die Kerne aber erst später; um die neue, meistens kugelige Zelle entsteht eine neue Membran, die manchmal mit Stacheln versehen ist, und das Verschmelzungsprodukt heißt nun Zygospore oder Zygote. Diese ist widerstandsfähiger, als die vegetative Zelle, besonders gegen Austrocknung, sie ruht eine Zeitlang, sogar den Winter über, und bildet bei der Keimung zwei neue, junge Zellen, die bei der weiteren Teilung in die typische Form ihrer Art übergehen.

Mit den Desmidiaceen vereinigt man wegen der Gleichheit in der Zygotenbildung zu der Ordnung der Konjugaten



auch mehrere Gattungen fadenförmiger Algen. Ihre Fäden sind immer unverzweigt und bestehen aus cylindrischen Zellen, die sich alle durch Querwände teilen und dadurch die Fäden verlängern. Die bekannteste dieser Algen ist Spirogyra, die man auch fast in jedem Süßwasser findet, ihre meist an der Oberfläche schwimmenden, zu Büschel vereinigten Fäden zeichnen sich durch die glänzend hellgrüne Farbe und schleimige Beschaffenheit aus. Reizend sieht der einzelne Faden im Mikroskop aus: durch die Zellen schlingen sich die grünen Schraubenbänder und in der Mitte jeder Zelle hängt an feinen Fäden ein Zellkern. (Fig. 6, A.) Zur Sporenbildung vereinigen sich zwei parallel neben-

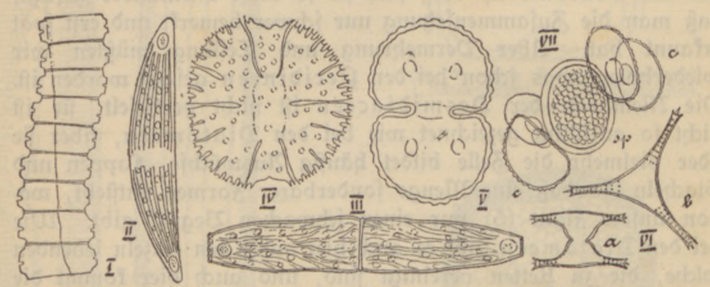


Fig. 5. Desmidiaceen: I. Kettenförmige Kolonie von Desmidium II. Closterium. III. Pleurotaenium. IV. Micrasterias. V. Cosmarium. VI. Staurastrum, a von der Seite, b von oben (I—VI. nach Migula). VII. Zygosporenbildung von Cosmarium. sp. die Spore in der Mitte; c, c die leeren Schalen der 2 Cosmarium-Exemplare, aus deren Inhalt die Spore entstanden ist (nach Der Bary).

einander liegende Fäden, indem von den Zellen des einen Fortsätze nach dem anderen hinwachsen und dieser dadurch angeregt wird, auch solche Fortsätze zu treiben; nun treffen die beiderseitigen Fortsätze aufeinander und bilden, indem die trennenden Wände aufgelöst werden, einen quer von Zelle zu Zelle gehenden Kanal, durch den der ganze Inhalt der einen Zelle zu dem der andern wandert, um mit ihm zu verschmelzen und eine Zygospore zu bilden (Fig. 6, B). Die Zellen der beiden Fäden verhalten sich dabei so, daß in dem einen Faden die Zellen entleert, in dem andern die Zygosporen gebildet werden: wir haben hier also schon den Anfang einer geschlechtlichen Differenzierung und können jenen Faden als männlich, diesen als weiblich bezeichnen. Alles bis auf die Zygosporen, rundliche, mit derber, oft gefärbter Membran umgebene Zellen, geht

dann zu Grunde, und die Sporen keimen nach einer Ruhezeit sehr einfach in der Weise, daß die äußere Membran aufplatzt und der Inhalt mit der zarten inneren Membran sich streckt, teilt und einen neuen Faden bildet. Bewegliche Zellen gibt es bei den Konjugaten so wenig wie bei den Diatomeen. Von den letzteren kennt man ca. 6000 Arten, von den Desmidiaceen 3—4000. Kann nun jemand im Ernst daran glauben, daß alle diese durch ihre Form verschiedene Arten im Kampf ums Dasein durch natürliche Zuchtwahl entstanden seien? Oder muß man nicht vielmehr gerade diesen Verhältnissen gegenüber sich überzeugen, daß die Mannigfaltigkeit der Arten aus ganz anderen, uns allerdings noch unbekannten Ursachen hervorgeht?

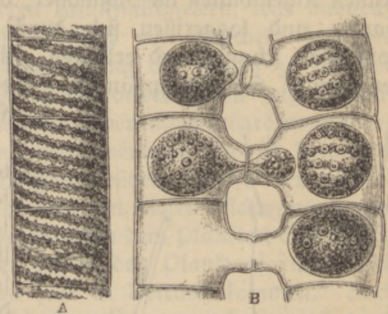


Fig. 6. Fadenstücke von Spirogyra, vergrößert. A Zellen im vegetativen Zustande. B Zellen zweier benachbarter Fäden in verschiedenen Stadien der geschlechtlichen Vereinigung.

4. Kapitel.

Die Planktonalgen.

In den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts zeigte Johannes Müller, daß man durch Netze aus ganz feinmaschigem Stoffe an der Oberfläche des Meeres eine Menge von winzigen Pflanzen und Tieren fangen kann, deren Anwesenheit bisher der Beobachtung entgangen war. Nach dem Vorgang von Viktor Hensen bezeichnet man jetzt die Gesamtheit der frei im Wasser schwebenden Organismen (abgesehen von den Fischen und solchen größeren, rasch sich bewegenden Tieren) als Plankton oder Auftrieb, und unterscheidet einerseits Tier- und Pflanzenplankton, andererseits Meeres- und Süßwasserplankton. Da die Bestandteile des pflanzlichen Planktons hauptsächlich den niederen Algen angehören, so dürfte hier der Platz sein, von dieser biologischen Gruppe zu sprechen. Zunächst ist dabei zu bemerken, welche Pflanzen wir nicht zum Plankton rechnen, obwohl sie frei an der Oberfläche des Wassers schwimmen,

nämlich die Tangmassen der sogenannten Sargassosee im atlantischen Ozean, die ursprünglich an den Küsten festgewachsen waren, dann abgerissen und fortgetrieben sind, auch nicht die grünen Algenwatten im Süßwasser, die ebenfalls früher angeheftet waren, und losgerissen sich durch die ausgeschiedenen Sauerstoffblasen schwimmend erhalten, schließlich auch nicht die phanerogamen Schwimmpflanzen, wie das Entengrün (Lemna), Froschbiß, Wasseraloe u. a.

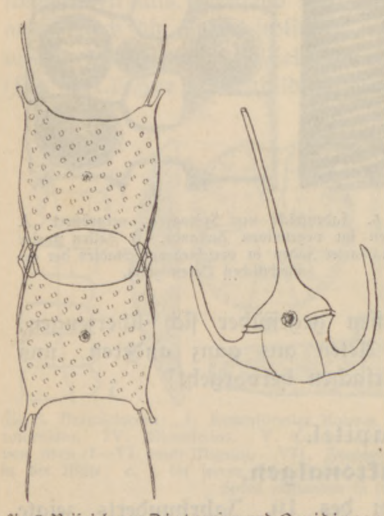


Fig. 7. Beispiele von Diatomeen und Peridineen aus dem Plankton des Meres: I. Zwei aneinandergekettete Zellen der Diatomee Biddulphia sinensis. Die Zellen zeigen in der Mitte den Kern und darum die zahlreichen Farbstoffkörner. II. Die Peridinee Ceratium tripos (nach d. Natur).

Was zunächst das Plankton des Meeres anbetrifft, so haben wir von ihm erst seit kurzer Zeit einen deutlichen Begriff bekommen, besonders durch die Forschungen der deutschen Planktonexpedition, die im Jahre 1889 den atlantischen Ozean zum Feld ihrer Untersuchung gemacht hat. Dabei ist schon das merkwürdige Resultat erhalten worden, daß sich auch hinsichtlich des Planktons im offenen Ozean scharf abgegrenzte Florengebiete aufstellen lassen, daß das kalte nordische und das warme tropische Wasser im atlantischen Ozean zwei Hauptflorenreiche bildet, und daß in jedem Florenreich sich wieder mehrere Provinzen unterscheiden lassen. Die Expedition hat ferner gezeigt, daß die Menge des mikroskopischen Planktons ungeheuer groß ist und selbst in der Sargassosee viel größer ist als die der schwimmenden Tange (einer Art von Sargassum) obgleich sie hier noch lange nicht so groß ist wie in den nördlichen Meeren. Am meisten beteiligt an der Zusammensetzung dieses echten Planktons sind die Diatomeen und Peridineen. Damit sich nun die nicht selbst beweglichen Diatomeen in den oberen Schichten schwebend erhalten können, erlangt ihr Körper eine möglichst große Oberfläche im Verhältnis zur Masse, wodurch ein Widerstand gegen

das Sinken erzeugt wird. Dies wird erreicht teils durch die Ausdehnung des Körpers in einer Fläche, und zu den so gebauten gehören die größten Diatomeen, die wir kennen, mit einem Rauminhalt von mehreren Kubikmillimetern, teils dadurch, daß der Körper Anhänge in Gestalt von Stacheln bekommt (Fig. 7, I), teils durch eine Vereinigung der Zellen zu geraden oder gekrümmten Fäden. Die Planktonperidineen zeigen zwar auch die zum Schweben geeignete Oberflächenvergrößerung des Körpers, aber sie bedürfen ihrer weniger, da sie besondere Bewegungsorgane in den Geißeln besitzen. Sehr verschiedene und merkwürdige Gestalten kommen bei diesen Meeresperidineen vor (vergl. Fig. 7 II), die übrigens alle dem Plankton angehören, während bei den Diatomeen neben den Planktonformen noch die festsitzenden der Küstenflora sehr in Betracht kommen. Auch bei den Peridineen treten die komplizierter gebauten Formen besonders in niederen Breiten auf, wo zugleich die Mannigfaltigkeit der Spezies (Art) größer wird, die Menge der Individuen aber geringer ist im Vergleich mit den nördlichen Meeren, wo die Anzahl der Spezies geringer, die Individuenzahl aber größer ist. Für die Diatomeen müssen die kalten Gewässer des Nordens und Südens als eigentliche Heimat angesehen werden, denn sie bilden hier die Hauptmenge der organischen Substanz in den oberen Meeresschichten. In den warmen Meeresgebieten treten sie nicht so stark hervor und werden an Massenentfaltung sogar von anderen Pflanzengruppen überflügelt.

Hier bilden die Spaltalgen oder Cyanophyceen die Hauptmasse und zwar mit gewissen fadenförmigen Arten. Wir haben dabei zu unterscheiden zwischen den Arten, die gleich den Diatomeen und Peridineen unter der Oberfläche schwimmen und denen, die auch auf die Oberfläche des Wassers gelangen und deshalb eher in die Augen fallen. Zu letzteren gehört vor allem Trichodesmium, dessen gerade Fäden sich zu ca. 2 mm langen Bündeln dicht an einander legen. Die Arten dieser schon länger bekannten Gattung weichen von den eigentlichen Hochseepflanzen nicht bloß dadurch ab, daß sie wie Sägespähne auf dem Wasser schwimmen, sondern auch dadurch, daß sie mehr in der Nähe der Küste gefunden werden. Treten nun diese Trichodesmien in großen Massen auf, so verleihen sie dem Meere auf weite Strecken hin ihre Farbe, die bald mehr ins Gelbe, bald mehr ins Rote spielt. Diese Erscheinung ist in

den tropischen Meeren öfter beobachtet worden, zuerst wurde sie von Ehrenberg im Roten Meere gesehen, das ihr wahrscheinlich seinen Namen verdankt.

Übrigens verändern auch die untergetauchten mikroskopischen Algen die blaue Eigenfarbe des Wassers um so mehr ins Gelbe, je reichlicher sie auftreten. So zeugt die schöne kobaltblaue Farbe der Meere niedriger Breiten von ihrer großen Pflanzenarmut, dieses reine Blau kann mit Recht als die Wüstenfarbe der Hochsee bezeichnet werden. Die Massen der gelben Diatomeen aber färben das blaue Wasser der nördlichen und der arktischen Meere in Grün um. Die westliche Ostsee mit ihrem ungeheuren Reichtum an Plankton läßt dann nichts mehr von ihrer blauen Farbe erkennen, sondern erscheint als trübe, schmutziggelbliche Flut.

Grüne Algen kommen für das Plankton des Meeres kaum in Betracht, dafür spielen diese eine große Rolle im Plankton des Süßwassers, zu dem wir uns jetzt wenden.

Hier unterscheiden wird das Plankton der Flüsse, der Teiche und Seen. Wenn wir von den erstgenannten zunächst absehen, so ist am reichsten das Plankton in den Teichen entwickelt, d. h. in Wasserbecken bis 15 m Tiefe, weniger reich in den größeren und tieferen Seen. Am größten ist die Planktonmenge in den obersten Schichten, die Ausdehnung richtet sich aber nach der Beschaffenheit des Wasserbeckens und des Planktons. Die Diatomeen kommen bis in größeren Tiefen gleichmäßig vor, z. B. bis 10 m im Züricher See, finden sich aber auch noch bei 56 m im Bodensee und 90 m im Züricher See. Das Süßwasserplankton besteht also aus: 1. den schongenannten Diatomeen, die zum Teil mit Schwebeeinrichtungen, wie die des Meeres versehen, aber kleiner und weniger gut angepaßt sind. 2. Peridineen, besonders Ceratium-Arten. 3. Cyanophyceen, Clathrocystis (s. S. 12) und verschiedenen fadenförmigen Arten, besonders der Gattungen Anabaena, Aphanizomenon u. a. 4. Chlorophyceen, darunter der kugelige Kolonien bildende Botryococcus, einige Desmidiaceen, Volvocaceen, Pediastrum u. a. (vergl. Kap. 5). 5. Flagellaten, besonders Dinobryon-Arten, und schließlich sind 6. Bakterien ein nie fehlender Bestandteil, wurden doch im Züricher See 42 verschiedene Arten gefunden.

Das Plankton der Teiche ist zwar das ganze Jahr über vorhanden, doch in ungleicher Zusammensetzung und Stärke,

dies ist von der Entwicklungsweise der Alge abhängig. Diatomeen, die sich nur durch Teilung vermehren, ohne Dauersporen zu bilden, sind durch das ganze Jahr da und überwiegen im Winter, weil dann die andern Algen weniger sind, aber an und für sich sind sie im Winter auch weniger als im Sommer, weil offenbar ihre Vermehrung unter der winterlichen Witterung leidet. Die andern bilden Dauersporen oder Zysten bei Beginn des Winters und entwickeln sich erst im Frühling. Im Sommer ist der Höhepunkt an Produktion vorhanden, weil nach der Entwicklung dann die Ernährungsverhältnisse (Licht) am günstigsten sind. Von den einzelnen Arten hat jede ihre besondere Periode, manche, z. B. Diatomeen haben auch zwei Höhepunkte der Entwicklung.

Bei sehr reichem Auftreten, besonders der blaugrünen Algen, entsteht die sog. Wasserblüte, wenn nämlich das Wasser durch diese Algen gleichmäßig gefärbt wird. Gewöhnlich wird das Wasser bei der Wasserblüte, die man am häufigsten im Sommer bemerkt, grün oder bläulichgrün gefärbt und bekommt von den absterbenden Algen einen eigentümlichen Geruch. So bildet Anabaena circinalis eine spangrüne Wasserblüte, solange ihre Fäden am Leben sind, wenn sie aber absterben, tritt der blaue Farbstoff aus ihnen aus und bewirkt eine Blaufärbung des Wassers. Auch reingrüne Algen können sich in solcher Menge an der Oberfläche des Wassers entwickeln, daß eine grüne Wasserblüte entsteht. Am merkwürdigsten ist die rote Wasserblüte: in verschiedenen Schweizerseen tritt Oscillatoria rubescens als ihre Erregerin auf, im See von Murten ist es nach dem Volksglauben das Blut der in der Schlacht bei Murten getöteten Burgunder, das hier zu gewissen Zeiten an der Oberfläche erscheint; in den 2000 m hoch gelegenen sog. Blutseen von Arosa wird die Färbung durch eine Flagellate, Euglena sanguinea, erregt. Eine scharfe Grenze zwischen echter Wasserblüte und Vegetationsfarbe des Wassers kann natürlich nicht gezogen werden, doch sprechen wir von ersterer besonders dann, wenn die Algen eine mehr oder weniger zusammenhängende Schicht an der Oberfläche bilden und wenn die Erscheinung plötzlich auftritt und verschwindet. Als falsche Wasserblüte können wir die Anhäufung von Pollenstaub der Koniferen bezeichnen, wie sie z. B. manchmal im Bodensee zur Blütezeit dieser Bäume auftritt.

Die fließenden Gewässer unterscheiden sich in ihrer Algenflora und besonders im Plankton von den stehenden um so mehr, je reißender der Lauf ist. Ein Plankton kann sich natürlich nur in größeren Strömen bei nicht zu starkem Lauf bilden. Dabei wird es immer weiter geführt und muß durch Nebenflüsse, Häfen und Stromabschnitte mit ruhigem Wasser beständig neu zugeführt werden, doch gibt es wirklich solche Formen, die dem Flusse eigentümlich sind. Diese, sowie die Algenflora der Ufer in den Flüssen, spielen eine wichtige Rolle bei der Reinigung des Wassers von organischen Stoffen, indem sie solche zum Teil geradezu aufnehmen, zum Teil durch Ausscheidung von Sauerstoff oxydieren und zersetzen.

5. Kapitel.

Die grünen Algen des Süßwassers.

Wenn wir ein algenreiches Süßwasser, etwa einen Moortümpel, untersuchen, so können wir, wenn wir von den Diatomeen und Peridineen, Flagellaten und blaugrünen Algen absehen, rein äußerlich 3 Gruppen von grünen Algen unterscheiden: rein einzellige, fadenförmige und solche, die mehrzellige Kolonien von verschiedener Gestalt bilden. Unter den Einzelligen können wir hier von der Betrachtung aussondern die Desmidiaceen (vergl. Kap. 3), die durch ihre zierliche, symmetrische Gestalt kenntlich sind. Haben wir einfache, runde, grüne Zellen vor uns, so ist es recht schwer zu bestimmen, um was es sich handelt, denn es können auch encystierte Formen beweglicher Zustände und dergl. sein. Solche Ruhezustände bildet z. B. Chlamydomonas, ein flagellatenartiger, einzelliger Organismus (vergl. Kap. 9), der aber wegen seiner Teilungsweise zu den Volvocaceen und damit zu den echten Grünalgen gestellt wird und den Anfang dieser Reihe darstellt. Die höheren Formen sind dann flach scheibenförmige (Gonium) oder kugelige Kolonien, wie die in Fig. 8 abgebildete Pandorina morum, deren Gestalt und Fortpflanzungsweise aus den beigefügten Figuren und ihrer Erklärung wohl genügend hervorgeht. Die höchstentwickelte Form ist das schon von Leeuwenhook vor ca. 200 Jahren beobachtete Kugeltierchen Volvox. Seine Kolonien, die aus einer außerordentlich großen Anzahl (bei V. globator bis 22000) an der Peripherie verteilter Zellen bestehen,

sind teils geschlechtlich, teils ungeschlechtlich. Bei den letzteren vergrößern sich einzelne Zellen und der Inhalt bildet durch Teilung neue, junge Kolonien, die aus der alten austreten und heranwachsen. Bei den geschlechtlichen werden einzelne Zellen zu großen Eiern, andere zu Antheridien, die viele, schmale Spermatozoidien liefern*). Die Folge der Eibefruchtung ist eine ruhende Oospore, aus der später wieder eine Kolonie wird. Man findet Volvox nicht sehr häufig, dafür aber manchmal gleich in Masse, wenn er in einem Bassin oder Tümpel auftritt. Wir müssen uns mit diesen Repräsentanten der Familie der Volvocaceen begnügen.

Auch bei den Protococcoideen und Pleurococcoideen, die eigentlich einzellige Algen sind, findet sich Koloniebildung häufig, was daher kommt, daß die Teilungsprodukte der Zelle miteinander verbunden bleiben. Bei den Pleurococcoideen vermehren sich die Zellen durch vegetative Teilung und die neugebildeten legen sich aneinander, z. B. 4 und 8 in einer Reihe bei Scenedesmus, oder sie werden durch Gallertbildungen von bestimmter oder unbestimmter Form zusammengehalten. Bei den Protococcoideen findet keine vegetative Teilung statt, sondern die Vermehrung erfolgt gewöhnlich durch Schwärmsporen, die sich in größerer Anzahl aus dem Inhalt einer Zelle bilden und heraustreten. Die Zellen leben teils frei und einzeln, teils setzen sich die einzelnen Zellen mit einer Art Stiel auf andere Gegenstände, besonders auf Algen fest, teils leben sie im Innern anderer Wassergewächse. Eine Kolonie-



Fig 8. Pandorina morum (stark vergr. nach Pringsheim) A. Kolonie. B. Kolonie in vegetativer Vermehrung. C. Bildung von Schwärmzellen. D. Copulation der Schwärmzellen in 5 Stadien. E. Spore. F. Keimung der Spore. G. Bildung der Kolonie aus der Schwärmspore in F., H. Junge Kolonie.

*) Unter Antheridien versteht man die Behälter, in denen die männlichen Geschlechtszellen (Sperma) gebildet werden; sind die letzteren wie ein Thier (zoon) durch Geißeln beweglich, so heißen sie Spermatozoidien (man kann auch Antherozoidien sagen).

bildung kann in der Weise zustande kommen, daß z. B. bei Sciadium, der Inhalt in Form von Schwärmsporen austritt, die gleich an der Mündung der mütterlichen Zelle keimen.

Zu den zierlichsten Kolonien, die wir kennen, gehören Pediastrum und Hydrodictyon, die mit einigen anderen Gattungen eine eigene Familie bilden. Die Pediastrum-Arten (vergl. Fig. 9) sind kleine, runde Scheibchen mit zierlich gefranztem Rand, manchmal durchbrochen, wenn die sie zusammensetzenden Zellen nicht an allen Stellen aneinander schließen. Der Inhalt der Zelle zerfällt in eine Anzahl Schwärmer, die

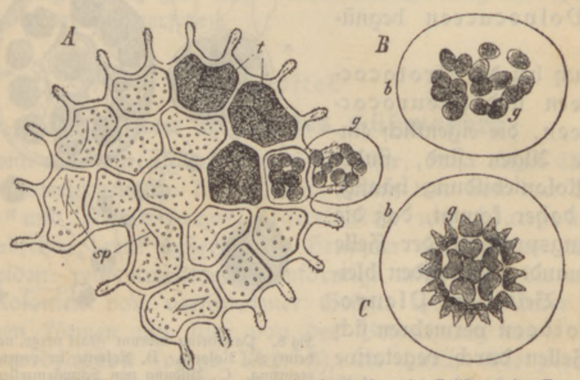


Fig. 9. Pediastrum granulatum vergr. (nach A. Braun) Erklärung im Text.

in einer Blase eingeschlossen heraustreten, nicht auseinander schwärmen, sondern sich, wenn sie zur Ruhe kommen, gleich zu einem Pediastrum-Täfelchen aneinander fügen. (Fig. 9, B, C.) Bei Hydrodictyon legen sich die stabförmigen Zellen nur mit ihren Enden derartig aneinander, daß ein weitmaschiges Netz entsteht; die neuen Netze werden in entsprechender Weise wie bei Pediastrum gebildet. Außerdem tritt bei Pediastrum und Hydrodictyon eine geschlechtliche Vermehrung auf, deren Schilderung uns hier wegen des verwickelten Generationswechsels zu lange aufhalten würde.

Bei den fadenförmigen Algen haben wir darauf zu achten, ob die Fäden unverzweigt oder verzweigt sind, ferner auf die Beschaffenheit der Membran und der Chromatophoren. Unverzweigte Fäden, in deren Zellen die grünen Farbstoffträger

in Gestalt von Schraubenbändern, großen, die ganze Zelle durchsetzenden Platten oder 2 sternförmigen Körpern auftreten, gehören zu den Konjugaten. Die Entwicklung der hierher gehörigen Spirogyra wurde im 3. Kap. beschrieben. Spirogyra zeichnet sich, wie der Name sagt, durch die schraubenförmigen Chromatophoren aus, steril sind die Arten schwer von einander zu unterscheiden. Bei Zygnema hat jede Zelle 2 sternförmige Farbstoffkörper, die den Zellkern zwischen sich nehmen, bei Mesocarpus, Mougeotia u. a. bildet der Farbstoffkörper eine dünne, die Zelle in ihrer Längsrichtung durchsetzende Platte. Daran sind diese fadenförmigen Konjugaten leicht zu erkennen, schwieriger ist es bei den andern Fadenalgen. Früher hat man überhaupt alle fadenförmigen Algen mit dem Namen Conferva bezeichnet. Zu der jetzt noch angenommenen Gattung dieses Namens gehören dünne unverzweigte Fäden, die an den Querwänden meistens etwas eingeschnürt sind und deren Zellen mehrere kleine Chlorophyllkörner enthalten. Die Vermehrung geschieht durch Schwärmsporen, die sich durch den Besitz von zwei ungleichen Geißeln auszeichnen. Häufig finden wir auch unverzweigte Fäden, deren kurze Zellen glatte Wände und je ein Chromatophor haben, das sich als ringförmig zusammengebogene Platte der Längswand anlegt: dann haben wir es mit der Kraushaaralge Ulothrix zu tun, an der wir unter günstigen Umständen die Bildung von Schwärmsporen oder von paarweise copulierenden Schwärmzellen (Gameten) beobachten können. Beiderlei Organe entstehen zu mehreren in einer Fadenzelle und treten durch ein seitliches Loch aus (Fig. 10).

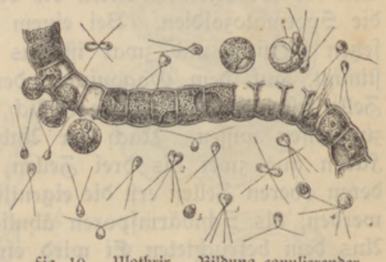


Fig. 10. Ulothrix. Bildung copulierender Schwärmzellen.

Nur noch eine, aber sehr interessante, unverzweigte Fadenalge sei. erwähnt, die wir leicht daran erkennen, daß hie und da unter einer Querwand dicht gestellte, parallele Querstriche über die Zelle hinweggehen. Das sind die „Membrankappen" der dadurch charakterisierten Gattung Oedogonium. Der Inhalt einzelner Fadenzellen tritt als eine Schwärmspore heraus,

deren vorderes, farbloses Ende von einem ganzen Wimperkranz umgeben ist. Noch merkwürdiger ist aber ihre geschlechtliche Fortpflanzung, die wenigstens bei einem Teil der vielen (ca. 200) hierher gehörigen Arten in verwickelter Weise verläuft. Das Ei entsteht aus dem Inhalt einer kugelig aufgeblasenen Zelle, des Oogonismus, dessen Membran eine Öffnung bekommt, um das männliche Befruchtungselement eintreten zu lassen. Andere Zellen desselben oder eines anderen Fadens zerfallen in kurze Scheiben, und aus diesen entstehen den oben erwähnten Schwärmsporen ähnliche aber etwas kleinere Zellen. Diese sind bei einem Teil der Oedogonium-Arten die direkt befruchtenden Zellen, also die Spermatozoidien. Bei einem anderen Teil der Arten aber setzen sie sich, und zwar ist das je nach der Spezies ganz bestimmt, auf dem Oogonium oder auf der darunter liegenden Zelle fest, und es ist unbegreiflich, woher sie den Ort so richtig zu treffen wissen. Nach der Anheftung werden sie zu kleinen Fäden aus zwei bis drei Zellen, sog. „Zwergmännchen", aus deren oberen Zellen erst die eigentlichen Spermatozoidien gebildet werden, als Schwärmsporen ähnliche, aber noch kleinere Zellen. Aus dem befruchteten Ei wird eine ruhende Spore, keimt diese aber später, so entsteht nicht gleich ein Faden, sondern es entstehen aus ihr vier Schwärmsporen, deren jede einen Faden liefert. Ein Oedogonium entsteht also immer aus einer Schwärmspore, und die Gattung liefert uns ein auffallendes Beispiel von der Vereinigung hoch differenzierter Fortpflanzungsverhältnisse mit einfachsten vegetativen Verhältnissen, gewissermaßen ein Gegenstück zu den Laminarien (Kap. 6) bildend.

Jetzt wollen wir noch einige der verzweigten Fadenalgen kennen lernen, die uns zum Teil durch ihre Zierlichkeit auffallen, wie die Chaetophora-, Stigeoclonium- und besonders Draparnaldia-Arten mit kleinen Zellen und spitzen Zweigen, das Ganze von strauchförmigem Aussehen. Bei andern legen sich die Zweige der Unterlage an, verschmelzen wohl seitlich mit einander, so daß ein scheibenförmiger Thallus entsteht, wie bei manchen Coleochaete-Arten. Diese Gattung verdient besonderes Interesse, weil sie, wie wir später sehen werden, vielleicht der Ausgangspunkt für die höheren Kryptogamen, vielleicht auch, wie Einige wollen, für die Florideen oder Rhodophyceen, bildet. Wie uns Fig. 11 A zeigt, treibt das Oogonium, der Eibehälter, der nur ein Ei enthält, einen halsartigen Fortsatz,

durch dessen obere Öffnung die zweiwimperigen Spermatozoidien (sp) hereinschlüpfen. Letztere werden einzeln in kleinen Zellen, Antheridien, (a) erzeugt. Wenn das Ei so befruchtet ist, umgibt es sich nicht nur mit seiner eigenen Membran, sondern es wachsen Hüllfäden um das Oogonium herum, es entsteht eine Art von Frucht (B). Im nächsten Frühjahr keimt die Oospore nicht direkt aus, sondern wird durch Zellteilung zu einer kleinen Scheibe, (C)

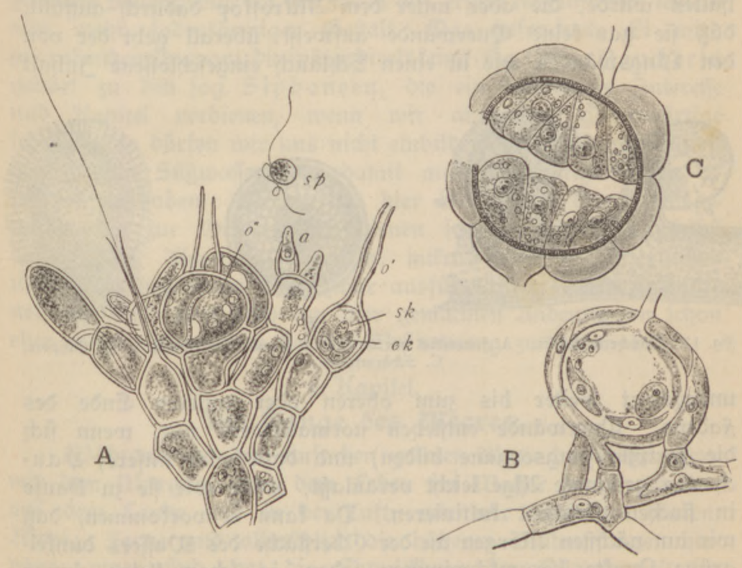


Fig. 11. Coleochaete (nach Pringsheim), Erklärung im Text.

deren Zellen je eine Schwärmspore liefern. Man könnte also diese kleine Scheibe als eine zweite Generation und den ganzen Vorgang, trotz mancher entgegenstehender Bedenken, als einen Generationswechsel auffassen.

Zu den häufigsten Fadenalgen unserer Gewässer gehören die Cladophora-Arten, die sich schon durch ihre derbe Beschaffenheit und ihre äußerlich sichtbare Verzweigung erkennen lassen. Die Zellen sind verhältnismäßig groß und und lang, deshalb auch mehrkernig und mit starken Wänden versehen. Im Frühjahr kann es uns glücken, die Schwärmsporenbildung zu beobachten. Der Inhalt einer Zelle — bei gewissen Arten sind es

nur die Endzellen — zerfällt in eine große Menge kleiner Schwärmsporen, und diese marschieren durch ein Loch am oberen Ende der Zelle, eine nach der anderen, heraus, um sich draußen lustig herumzutummeln, sich später fest zu setzen und zu einem neuen Faden auszuwachsen.

Nun erwähnen wir als letztes Beispiel noch eine Fadenalge, die man mit bloßem Auge vielleicht für eine Cladophora halten würde, die aber unter dem Mikroskop dadurch auffällt, daß sie gar keine Querwände aufweist: überall geht der von den Längswänden wie in einen Schlauch eingeschlossene Inhalt

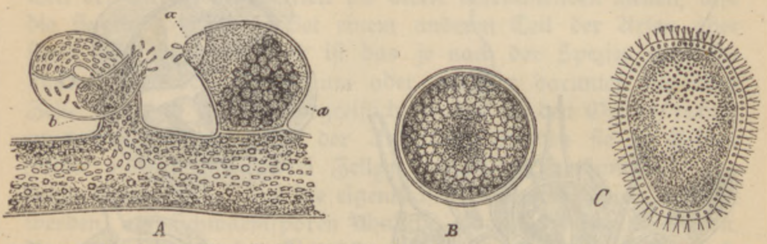


Fig. 12. Vaucheria sessilis. A Fadenstück mit Oogonium a und Antheridium b. B Oospore. C. Schärmspore.

unbegrenzt weiter bis zum oberen oder unteren Ende des Fadens. Querwände entstehen normalerweise nur, wenn sich die Fortpflanzungsorgane bilden, und dazu wird unsere, Vaucheria genannte Alge leicht veranlaßt, wenn wir sie zu Hause in flachen Gefäßen kultivieren. Da kann es vorkommen, daß wir am nächsten Morgen an der Oberfläche des Wassers dunkelgrüne Punkte herumschwimmen sehen, ja schon kleine, junge Fäden finden. Die Alge hat nämlich Schwärmsporen gebildet, und dieser Prozeß läßt sich mit einiger Geduld unter dem Mikroskop verfolgen. Das Ende eines Astes gliedert sich durch eine Querwand ab, der Inhalt kontrahiert sich, sprengt die Membran an der Spitze und tritt heraus als ein rundlicher, etwas gestreckter Körper, der an der ganzen Oberfläche von paarweis stehenden Cilien besetzt ist: gewissermaßen eine ganze Kolonie kleiner, zweiwimperiger Schwärmsporen (Fig 12, C.). Daß es sich aber doch nur um eine Schwärmspore handelt, geht daraus hervor, daß sie nur zu einem Faden auswächst, nachdem sie die Cilien verloren und sich mit Membran umgeben hat. Der Botaniker Unger hat, als er die Schwärmsporenbildung dieser

Alge 1843 zum erstenmal beobachtete, die Schwärmspore für ein Infusorium gehalten und die Erscheinung beschrieben als: „Die Pflanze im Momente der Tierwerdung". Unter anderen Umständen entstehen statt der Schwärmsporen Geschlechtsorgane: Oogonien, die ein großes Ei enthalten, und Antheridien, die eine größere Zahl sehr kleiner, zweiwimperiger Spermatozoidien entlassen (Fig. 12 A). Beiderlei Organe treten gewöhnlich als abgegliederte Seitenzweige an den Fäden auf, erstere kurz und dick, letztere von mehr fadenförmiger Gestalt. Das befruchtete Ei wird zur ruhenden Oospore, die später direkt keimt (Fig 12B). Vaucheria gehört zu den sog. Siphoneen, die ein besonderes Interesse und Kapitel verdienen, wenn wir aber das gegenwärtige schließen, so dürfen wir uns nicht einbilden, die Mannigfaltigkeit der grünen Süßwasseralgen damit auch nur einigermaßen erschöpft zu haben. Es wurden hier bloß einige Typen ausgewählt, die zur Orientierung dienen sollen. Wer dann selbst daran geht, Algen zu sammeln, mikroskopisch zu untersuchen und sie zu bestimmen, muß zwar ausführlichere Werke zu Hülfe nehmen, wird aber nach den hier gemachten Andeutungen schon eher wissen, worauf er bei der Bestimmung zu achten hat.

6. Kapitel.
Die Tange des Meeres.

Während aus den einfachen grünen Algen des Süßwassers mit dem Übergang aus dem Leben im Wasser zur Vegetation auf dem Lande und in der Luft, wie wir annehmen dürfen, Moose, Farne und allmählich die höheren Blütenpflanzen hervorgegangen sind, hat die Entwicklung der Pflanzenwelt im Meere eine ganz andere Entwicklung eingeschlagen, die Flora des Meeres hat sich zwar auch zu einem großen Reichtum an Arten und zu bedeutender Größe und kompliziertem Bau ihrer Formen aufgeschwungen, aber sie hat ihre Abstammung nicht verleugnet, alle sind Algen geblieben, selbst wenn sie an Masse ihres Körpers und durch die Geselligkeit ihres Auftretens mit der Waldformation des Festlandes zu wetteifern versuchen. Die Bezeichnung dieser größeren marinen Formen als Tange im Gegensatz zu den kleinen Algen des Süßwassers drückt dieses Verhältnis recht gut aus.

Zwei Reihen sind es, die von einfacheren Grünalgen ausgehen und hauptsächlich die Flora des Meeres zusammensetzen,

und diese beiden Abteilungen können wir schon äußerlich nach der Farbe ihrer Vertreter unterscheiden, die einen nennen wir Brauntange oder Phaeophyceen, die anderen Rottange, Rhodophyceen oder Florideen. Diese Färbung beruht, wie bei den Diatomeen und anderen, darauf, daß der Chlorophyllfarbstoff durch einen anderen, mit ihm zugleich an die Chromatophoren gebundenen Farbstoff verdeckt wird; sie dürfte übrigens für das Leben dieser Algen und ihr Vorkommen in verschiedenen Tiefen des Meeres nicht ohne Bedeutung sein. Je tiefer in das Wasser nämlich das Sonnenlicht eindringt, um so mehr wird es auch verändert, um so mehr werden die roten und gelben Strahlen im Verhältnis zu den blauen absorbiert, deswegen ist die rote Farbe der Florideen als eine „komplementäre Adaptation" dieser Lichtwirkung aufgefaßt worden. Wirklich finden wir auch, daß die roten Algen in den tiefsten Regionen vorherrschen, dann folgt die Region der braunen Algen, und die rein grünen, deren es auch im Meere eine ganze Anzahl gibt, bewohnen die oberste Zone des Wassers, bis in welche allerdings auch viele braunen und sogar manche roten Algen hinaufreichen. Sehr weit in die Tiefe hinab geht die Vegetation an den Küsten überhaupt nicht, die Hauptmenge der Algen kommt überall in einer Tiefe vor, die sich von der unteren Ebbegrenze an ca. 30 m nach unten hin erstreckt, unterhalb dieser Region nimmt der Reichtum der Flora rasch ab, und bei 300—400 m Tiefe hört das pflanzliche Leben überhaupt auf. Bemerkenswert ist aber, daß nach oben hin nicht nur bis zur Ebbegrenze Algen wachsen, sondern auch noch oberhalb an den Küstenteilen, die nur zur Flutzeit von Wasser bedeckt sind, ja selbst noch weiter oben an Felsen, die nur noch von dem Spritzwasser der Brandung erreicht werden.

Wir wollen nun zunächst wenigstens einige Beispiele der Brauntange kennen lernen. Am ähnlichsten den gewöhnlichen Grüntangen, etwa einer Cladophora, sind äußerlich die Ectocarpus-Arten, indem auch sie kleine zierlich verzweigte Büsche darstellen, deren Fäden einfache Zellreihen sind und in farblose Haare ausgehen (Fig. 13). Die Fortpflanzungsorgane sind sog. Sporangien, sie bilden gewöhnlich kleine Seitenäste und kommen in zweierlei Form vor. Die einfächerigen bestehen aus einer Zelle, deren Inhalt zu einer Menge Schwärmsporen wird, die mehrfächerigen, ursprünglich aus einer Zelle hervorgehend, sind

in viele Zellen geteilt, deren jede nur eine Schwärmspore liefert. Die Schwärmsporen haben hier, wie bei allen Brauntangen, die Eigentümlichkeit, daß die beiden Cilien an der Seite angeheftet und von ungleicher Länge sind (vgl. Fig. 13). Die Schwärmer sind übrigens in manchen Fällen geschlechtlich differenziert und es ist auch, allerdings selten, eine Copulation beobachtet worden. Wir haben also teils echte ungeschlechtliche Schwärmsporen, teils Schwärmer, die unter sich gleich sind, aber paarweise copulieren müssen, teils haben wir auch äußerlich verschiedene Schwärmer, die dann als bewegliche Eier und Spermatozoidien anzusehen sind. Das ist je nach den Arten verschieden, und

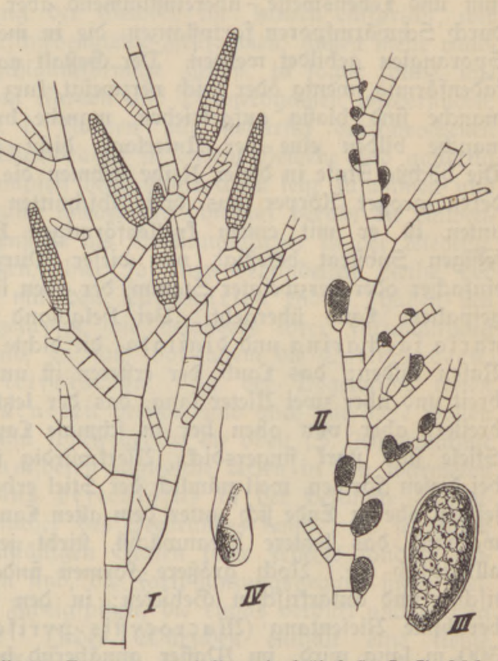


Fig 13. Ectocarpus penicillatus (nach Kuckuck). I. Ein Stück eines verzweigten Fadens mit vielfächerigen Sporangien. II. mit einfächerigen Sporangien. In beiden Figuren sind die Zweige größtenteils ohne die natürlichen Endstücke gezeichnet. III. Ein einzelnes einfächeriges Sporangium, stärker vergr. IV. Eine einzelne Schwärmspore, noch stärker vergr.

sogar bei derselben Art können Schwärmzellen von verschiedener Natur gebildet werden; diese große Mannigfaltigkeit verbietet uns, näher auf Einzelheiten einzugehen. Der Familie der Ectocarpaceen steht die der Sphacelariaceen nahe. Bei den Sphacelaria-Arten tragen die Zellfäden an der Spitze eine große Scheitelzelle, die von ihr abgeschiedenen Glieder werden später auch der Länge nach geteilt, sodaß die Fäden auf dem Querschnitt mehrzellig werden. Die Fortpflanzungsorgane ähneln

im wesentlichen denen von Ectocarpus. Äußerlich sehen diese Algen gewöhnlich dunkler aus und sind von derberem Bau. Von den Ectocarpaceen lassen sich noch die verschiedenartigsten anderen Formen ableiten, verschieden in Größe, Gestalt, Wachstum und Lebensweise, übereinstimmend aber darin, daß sie sich durch Schwärmsporen fortpflanzen, die in meistens einfächerigen Sporangien gebildet werden. Der Gestalt nach können sie sein: fadenförmig, wenig oder reich verzweigt, kurz oder lang gestreckt, manche sind blasig aufgetrieben, manche breitbandförmig und manche bilden eine der Unterlage dicht aufliegende Kruste. Die höchste Stufe in dieser Reihe nehmen die Laminarien ein, deren großer Körper aus drei Abschnitten zu bestehen pflegt, unten ist er mit einem krallenförmigen Haftorgan an dem felsigen Substrat befestigt, von dieser Wurzel erhebt sich ein einfacher oder verzweigter Stamm, der oben in das einfache oder gespaltene Laub übergeht. Bei Helgoland findet man Laminaria saccharina und digitata, die dichte im Wasser flutende Rasen bilden; das Laub der ersteren ist ungeteilt, wird handbreit und über zwei Meter lang, das der letzteren ist kürzer und breiter, aber von oben her in schmale Lappen gespalten, die Stiele sind stark fingersdick. Merkwürdig ist der Laubwechsel bei diesen Formen, weil nämlich der Stiel erhalten bleibt und an seinem oberen Ende sich unter dem alten Laub ein neues bildet; während das letztere heranwächst, stirbt jenes von oben her allmählich ab. Noch größere Formen finden wir in den arktischen und antarktischen Gebieten; in den letzteren wächst der berühmte Riesentang (Macrocystis pyrifera) dessen Stamm 300 m lang wird, im Wasser annähernd horizontal flutet und an vielen einzelnen, in der Mitte blasig angeschwollenen Stielen lange riemenförmige Blätter trägt. Bei Nereocystis schwillt der große Stamm selbst am Ende blasenförmig an und ist hier mit einem Schopf langer Blätter versehen. Solche Laminarien bilden an manchen Stellen der Küsten ganze unterseeische Wälder, die in ihrer Einförmigkeit den Wäldern des Landes in der nördlichen Zone, etwa den Fichten- oder Kiefernwäldern entsprechen. Diese großen Tange nun pflanzen sich merkwürdigerweise ganz ungeschlechtlich fort, nämlich durch Schwärmsporen von dem schon geschilderten Typus, die in einfächerigen Sporangien gebildet werden; diese Sporangien stehen massenhaft beisammen und bilden große Flecken auf bestimmten Stellen des

Laubes. Hieraus sieht man wieder, daß bei den Algen geschlechtliche Differenzierung und morphologische Ausbildung des Thallus ganz unabhängig von einander sind. Es ist dem noch hinzuzufügen, daß der Größe des Körpers bei den Laminarien auch die Entwicklung der Gewebe im Innern entspricht, wir finden hier recht verschiedenartige Zellformen, außen mehr rundliche, innen mehr schlauchförmige Zellen, ja sogar solche, wie wir sie erst bei den Farnen und Phanerogamen wiederfinden, sog. Siebröhren, d. h. Röhren mit siebartig durchbrochenen Querwänden. Die Membranen in diesem Gewebe sind gallertig verquollen, sie schrumpfen beim Eintrocknen sehr zusammen und quellen bei Befeuchtung wieder auf: hierauf beruht die Anwendung der Laminarienstiele als Quellungskörper in der Medizin.

Von der großen, hier so kurz behandelten Reihe der Brauntange, die mit den Laminarien endigt, haben sich einige Familien abgezweigt, die besonders ihrer Fortpflanzung wegen interessant sind, es sind vor allem die Cutleriaceen, Fucaceen und Dictyotaceen. In der Vegetation treten eigentlich nur die Fucaceen hervor, und auch nur diese wollen wir hier schildern. Zu ihnen gehört die oben (S. 20) erwähnte Gattung Sargassum, deren zahlreiche Arten in den wärmeren Meeren leben. Fucus vesiculosus ist der bekannte Blasentang, den jeder Besucher des Seestrandes kennt. Es sei gleich bemerkt, daß die auffälligen Blasen keine Früchte sondern einfache Schwimmblasen sind, die Fortpflanzungsorgane sitzen vielmehr in besonderen Zweigspitzen, die etwas verdickt und warzig punktiert erscheinen. Jedes Wärzchen enthält eine kleine Grube mit einer Öffnung nach außen und in den Grübchen sitzen zwischen langen Fäden Oogonien und Antheridien (Fig. 14 II), je nach den verschiedenen Fucusarten sind die männlichen und weiblichen Organe auf einer Pflanze vereinigt oder befinden sich auf verschiedenen Exemplaren. Wenn die Oogonien reif sind, entlassen sie acht große Eier, die sich dann kugelig abrunden (Fig. 14 II); aus den viel kleineren Antheridien kommen zahlreiche Spermatozoidien heraus, die sehr kleinen Schwärmsporen ähnlich und mit einem roten Augenfleck versehen sind. Die Entleerung der Geschlechtsorgane findet zur Ebbezeit statt und man findet dann manchmal die fruchtbildenden Äste mit kleinen gelbroten Klümpchen besetzt, die durch die zusammengeballten Spermatozoidien ge-

bildet sind. Bei eintretender Flut werden Spermatozoidien und Eier zusammengeführt, und die Befruchtung erfolgt (Fig. 14 III). Man kann das sehr schön unter dem Mikroskop beobachten, wenn man in einem Tropfen Seewasser die Eier mit den erwähnten roten Klümpchen zusammenbringt: die Spermatozoidien schwärmen dann lebhaft auseinander und stürzen sich geradezu auf die im Verhältnis zu ihnen riesengroßen Eier, die sie allmählich in

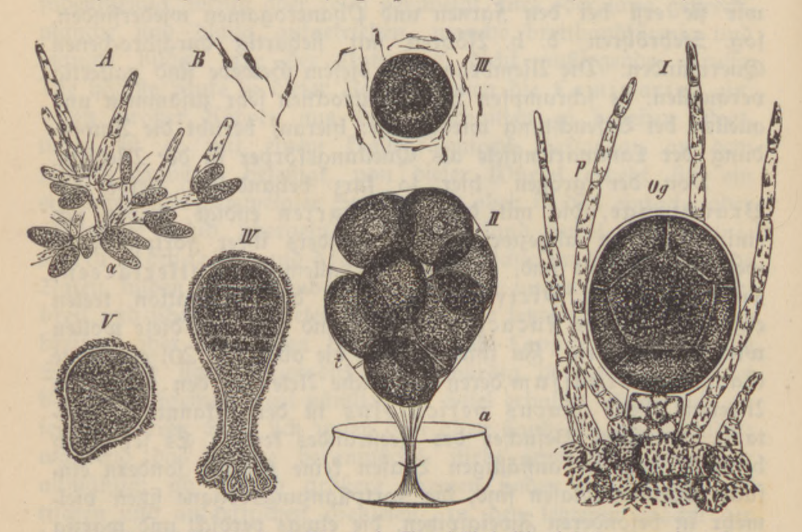


Fig. 14. Fucus vesiculosus (nach Thuret). A. Ein mit Antheridien besetztes, verzweigtes Haar. B. Spermatozoidien I. Ein von Haaren umgebenes Oogonium, dessen Inhalt sich geteilt hat. II. Entleerung der Eier aus dem Oogonium. III. Befruchtung des Eies. IV., V. Keimung der Oospore. (Aus Sachs' Lehrbuch.)

rotierende Bewegung versetzen. Wie das Spermatozoid in das Ei eindringt, sieht man natürlich nicht; das befruchtete Ei umgibt sich mit einer zarten Membran und entwickelt sich alsbald zu einer neuen Fucuspflanze. Ruhende, derbwandige Sporen werden nämlich von den Meerestangen nicht gebildet, weil ja die Gefahr der Austrocknung nicht vorhanden ist, und das Leben im Meer unter viel gleichmäßigeren äußeren Bedingungen verläuft als das im Süßwasser oder auf dem Lande. Bei den Fucaceen ist die Eibefruchtung die einzige Art der Vermehrung, aber die Zahl der aus einem Oogonium entstehenden Eier ist nicht immer 8 wie bei Fucus, sondern in

anderen Gattungen vier, zwei oder eins. Schwärmsporen kommen also bei den Fucaceen nicht vor. Wir wollen nur noch hinzufügen, daß in der äußeren Gestalt und inneren Struktur die Fucaceen viel Ähnlichkeit mit dem Laminariaceen zeigen, und wollen damit die Besprechung der Brauntange beschließen,

Die Rottange, die bei weitem größere Abteilung, werden auch Florideen, genannt, weil an Schönheit, Zierlichkeit und

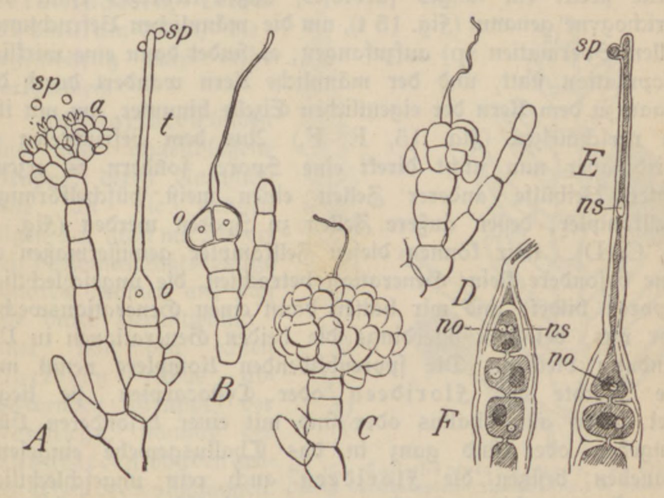


Fig. 15. Nemalion multifidum (nach Thuret und Wille). Erklärung im Text.

Mannigfaltigkeit diese Algen erfolgreich mit den Blumen unserer Gärten konkurrieren können, wir müssen deshalb von vornherein darauf verzichten, sie durch Worte zu schildern. Was ihre Größe betrifft, so halten sie sich im Allgemeinen in mäßigen Dimensionen und erreichen nur ausnahmsweise die Länge von einigen Fuß, viele sind sogar fast mikroskopisch klein. Überall liegt dem Thallus ein fadenförmiger Aufbau zugrunde, und selbst da, wo die Alge blattförmig oder derbknollig erscheint, ist der Aufbau aus Fäden nachzuweisen. Die Fäden bestehen natürlich aus kürzeren oder längeren Zellen, und in diesen finden sich die roten Chromatophoren. Hinsichtlich der Fortpflanzung ist zu bemerken, daß bewegliche Zellen bei den Florideen gar nicht mehr gebildet werden; die Bewegung des

Wassers durch den Wellenschlag muß hier die sonst durch Cilien bewirkte Beweglichkeit der Schwärmsporen und Spermatozoidien ersetzen. Selbst die männlichen Zellen der Florideen sind unbeweglich, farblos und membranumhüllt, sie entstehen einzeln aus einer Zelle, dem Antheridium, aber die Antheridien sind meistens zu dichten Ständen vereinigt (Fig. 15 a), die in manchen Fällen ein äußerst zierliches mikroskopisches Bild geben. Die weibliche Zelle streckt ein langes farbloses, außen klebriges Haar aus, Trichogyne genannt (Fig. 15 t), um die männlichen Befruchtungszellen (Spermatien sp) aufzufangen; es findet dann eine wirkliche Kopulation statt, und der männliche Kern wandert durch das Haar zu dem Kern der eigentlichen Eizelle hinunter, um mit ihm zu verschmelzen (Fig. 15, E, F.) Aus dem befruchteten Ei wird aber nun nicht direkt eine Spore, sondern es erzeugt unter Beihülfe anderer Zellen einen meist büschelförmigen Zellkomplex, dessen äußere Zellen zu Sporen werden (Fig. 15 B, C, D). Wir können diesen Zellkomplex gewissermaßen als eine besondere kleine Generation betrachten, die ungeschlechtliche Sporen bildet, und wir hätten dann einen Generationswechsel vor uns, bei dem allerdings die beiden Generationen in Verbindung bleiben. Die sporenbildenden Komplexe nennt man die Früchte der Florideen oder Cystocarpien, sie liegen frei außen am Thallus oder sind mit einer besonderen Hülle umgeben oder sind ganz in das Thallusgewebe eingesenkt. Daneben besitzen die Florideen auch rein ungeschlechtliche Fortpflanzungsorgane und zwar gewöhnlich auf besonderen Exemplaren, man nennt sie Tetrasporen weil es fast immer vier (griech. tetras = die Vier) Zellen sind, die aus einer Zelle entstehen und als unbewegliche, nackte Sporen ausgestoßen werden (Fig. 16). Aus der Fülle der Arten, deren es ca. 3000 in ca. 300 Gattungen gibt, einzelne Beispiele auszuwählen, ist eine schwierige Aufgabe. Wir wollen nur die verkalkten Florideen herausheben, die in den wärmeren Meeren reichlicher vertreten sind als in den kälteren. Wir kennen hier teils strauchartige, teils knollen- und krustenförmige Gestalten. Die Inkrustation mit Kalk ist so vollständig, daß die Form des Thallus auch im abgestorbenen Zustande völlig erhalten bleibt; da nun auch diese Kalkalgen oft in ganzen Beständen gesellig auftreten, so kommt es, wie bei den Korallen, zur Bildung mächtiger Bänke, der sog. Nulliporenbänke, die gewöhnlich

klippenartig von dem Gestein des Strandes aus in die See vorspringen. Früher hat man diese Algen wegen ihrer Kalkabscheidung und Ähnlichkeit in der Gestalt mit unter die Korallen gerechnet, und daher heißt diese Familie der Florideen auch jetzt noch Corallinaceen. Auch im versteinerten Zustande aus der mesozoischen und tertiären Periode, wie z. B. aus dem sog. Leithakalk in Österreich kennt man Corallinaceen, Lithothamnium-Arten, die gegenwärtig nicht mehr vorkommen.

Die Florideen bilden eine gut abgeschlossene Gruppe, deren Anschlußstelle an die grünen Algen sich nicht mit Sicherheit bestimmen läßt: einige Autoren nehmen an, daß sie durch Vermittelung einer, von den echten Florideen etwas abweichenden Gruppe der Rottange, nämlich der Bangiaceen, von den grünen Ulvaceen abstammen. Von den beiden letzteren zu sprechen, ist hier insofern der Ort, als Vertreter von ihnen in der Vegetation des Meeres eine gewisse Rolle spielen. Zu den Bangiaceen gehört die Gattung Porphyra, ihr breiter dünnblättriger Thallus wächst an manchen Stellen des Strandes reichlich an der Flutgrenze. In Japan benutzt man sie als Gemüse oder Salat und kultiviert sie geradezu wie den Salat auf dem Lande. Der charakteristische Vertreter der Ulvaceen ist der grüne Meersalat, Uva lactuca, und seine zarten grünen Blätter sind wohl schon jedem Strandbesucher aufgefallen. Von grünen Algen anderer Familien sind als solche, die durch ihre Größe mehr in die Augen fallen, besonders die Cladophora-Arten zu erwähnen, sie bilden auf Steinen oder Muscheln grüne Büsche, andere sind dicht verfilzt, manche bilden kugelige Formen, die frei auf dem Grunde des Meeres vom Wasser herumge-



Fig. 16. Callithamnion elegans. a. Teil der Pflanze mit Tetrasporen (schwach vergr.) b. kleiner Teil der Fig. a. stärker vergr.

spült werden. Schließlich wäre noch einer Klasse der grünen Algen zu gedenken, die allerdings nur in den wärmeren Meeren an der Vegetation einen größeren Anteil nehmen, es sind die Verwandten der oben (Seite 30) erwähnten Vaucheria; ihrer Eigentümlichkeit wegen widmen wir ihnen das folgende Kapitel.

7. Kapitel.

Die Siphoneen oder unzelligen Pflanzen.

Den recht zweckmäßigen Namen „unzellige Pflanzen" hat der berühmte Pflanzenphysiologe Julius Sachs für solche erfunden, die den höheren Pflanzen ähnliche Formen bilden, ohne sich doch dabei in einzelne Zellen zu fächern. Einzellig kann man sie nämlich deshalb nicht gut nennen, weil es unserem Begriff von einer Zelle nicht mehr entspricht, wenn wir, wie bei einer Caulerpa, ein etwa fußlanges Gebilde vor uns sehen, das in Wurzel, Stengel und Blatt gegliedert ist, (Fig. 17) obwohl es innerlich keine zellige Struktur zeigt. So bildet also



Fig. 17. Caulerpa crassifolia (nach Sachs) s Stengel, v. dessen Spitze, b. Blätter, w. Wurzeln.

die ganze Pflanze einen Schlauch mit verschiedenen Ausstülpungen und in seinem Innern ist eine freie Kommunikation von einem zum andern Ende möglich; insofern haben wir es zwar mit einer einzigen Zelle zu tun, aber die Menge von kleinen Zellkernen, die im Protoplasma verteilt sind, deuten an, daß es sich hier mehr um eine Verschmelzung zahlreicher einzelner „Zellinhalte" handelt, die eben nur nicht durch Querwände geschieden sind. Außer der Vaucheria, deren Arten sowohl im Süßwasser und auf feuchter Erde als auch im Meere vorkommen und die wir im Kap. 5 erwähnten, gehören hierher vor allem Meeresbewohner, und die Siphoneen oder Schlauchalgen sind bemerkenswert als solche grüne Algen, die sich im Meere stärker als im Süßwasser entwickelt haben und besonders den Tropen angehören.

Eine ihrer interessantesten Formen ist die durch etwa 50 Arten vertretene, oben erwähnte Gattung Caulerpa. Auch sie ist tropisch und subtropisch und nur durch eine Art im Mittelmeer vertreten, während sie in den nordischen Meeren ganz fehlt. Die bei Neapel gefundene C. prolifera besitzt einen streichholzdicken Stengel, der am Boden kriecht und an diesen durch wurzelähnliche Auswüchse an seiner Unterseite befestigt ist, von der Oberseite entspringen andere Auswüchse, die in raschem Wachstum die Gestalt eines spatelförmigen Blattes von 10—20 cm Länge annehmen, der kriechende Stengel, das Rhizom hat einen an der Spitze gelegenen Vegetationspunkt, und dieser ist, wie der Algologe Reinke sich ausdrückt, hier wie bei allen Arten der Gattung das einzige Stück Embryologie, das bei Caulerpa zu finden ist, denn eine Vermehrung durch Keime gibt es in der ganzen Gattung nicht, so weit bisher die sorgfältigsten Studien ergeben. Die Vermehrung geschieht also nur durch die Teilung des alten Thallus, und gerade unsere C. prolifera hat ihren Namen daher, daß jedes abgerissene Blatt, ebenso aber auch ein noch am Stamm befindliches imstande ist, durch sog. Proliferation ein neues Blatt seitlich aussprossen zu lassen. Sollte nun bei Caulerpa die Vermehrung durch Keime von jeher gefehlt haben, so wäre diese Gattung ein sehr bemerkenswerter Beleg dafür, daß eine Differenzierung in zahlreiche Arten auch ohne geschlechtliche Fortpflanzung und ohne Keimbildung überhaupt stattfinden kann. Was das Aussehen der anderen Arten betrifft, so kann man darauf schon aus den Namen schließen, die sie von den höheren Pflanzen,

denen sie nachzuahmen scheinen, erhalten haben, wie z. B. C. Lycopodium, cupressoides, hypnoides, cactoides, sedoides und ähnl. Noch einer besonderen Eigenschaft der Caulerpa müssen wir aber erwähnen, nämlich daß sie das Fehlen der Querwände gewissermaßen durch ein Netzwerk von Zellulosefasern ersetzt, das sich im Innern zwischen den äußeren Wänden ausspannt. Auf eine andere Weise suchen die Codiaceen, ebenfalls eine Abteilung der Siphoneen, dem Thallus Festigkeit zu verleihen, indem nämlich ihre Schläuche relativ dünn bleiben, allein durch vielfache Verzweigung und Durcheinanderwachsen größere Körper erzeugen. So sehen wir bei Codium bursa faustgroße Knollen entstehen, bei Udotea dagegen einen zierlichen, flachen Fächer, bei Halimeda kommt zur Verfilzung der Schläuche noch eine Verkalkung in der peripherischen Schicht hinzu; die bekannteste Art, H. opuntia, hat ihren Namen daher, daß sie den Habitus einer reichverzweigten Opuntia im kleinen wiederholt, wobei sie sich dadurch geschmeidig erhält daß die einzelnen Glieder zwar verkalkt sind, die sie verbindenden Gelenkstücke aber unverkalkt bleiben. Die bei Codium, Halimeda u. a. eintretende Verfilzung der Fäden ist bemerkenswert, weil auf analoge Weise auch die Körper der höheren Pilze gebildet werden, für die Pilze aber offenbar die Siphoneen die Abzweigungsstelle von der Reihe der Algen bilden. Rein äußerlich dagegen ist die Ähnlichkeit der Siphonee Acetabularia mit einem kleinen Hutpilz, etwa einem Lauchschwämmchen. Der aufrechte Stamm, ein einfacher Zellschlauch, bildet oben einen Quirl, von gleichlangen Ästen, die sich in einer horizontalen Ebene ausbreiten und seitlich miteinander verwachsen, durch starke Kalkinkrustation wird die grüne Farbe fast ganz verdeckt und das weißliche Aussehen erhöht die Ähnlichkeit mit einem Pilz. In diesen Schirmstrahlen entstehen zahlreiche Sporen mit derben Membranen und werden durch Zerbröckeln des Schirmes frei. Aus ihnen wiederum entstehen Schwärmzellen, die miteinander kopulieren, und die dadurch gebildete Zygospore entwickelt sich zur neuen Acetabularia. Schwärmspore und kopulierende Schwärmzellen sind auch bei anderen Siphoneen bekannt, von deren merkwürdigen marinen Arten wir leider unterlassen müssen weitere Beispiele anzuführen. Ableiten können wir die Siphoneen von den ebenfalls im Meer stärker als im Süßwasser verbreiteten Cladophoraceen und zwar durch

Vermittelung solcher Formen, bei denen Querwände vorkommen, aber erst in einem späteren Stadium der Entwicklung aufzutreten pflegen, und bei denen die Zellen sehr langgestreckt und vielkernig sind. Wir können sie aber auch ableiten von den einzelligen Algen, indem wir die normale Zelle der Protococcoiden (vergl. Kap. 5) größer, mehrkernig und differenzierter werden lassen. Ihrerseits vielleicht bietet diese Gruppe den Ausgangspunkt für die sonst so isoliert stehenden Characeen, von denen das folgende Kapitel handeln soll.

8. Kapitel.

Die Armleuchtergewächse oder Characeen.

Die Armleuchterform oder wirtelige Verzweigung kommt bei manchen höheren Wasserpflanzen vor, wie Hornkraut, Tausendblatt, Najas u. a., auch bei den Schachtelhalmen, die ja ebenfalls zum Teil im Wasser oder Sumpf wachsen; bei den Algen dagegen ist sie nicht häufig und um so charakteristischer für die kleine Gruppe, von der wir sprechen wollen. Man findet die Characeen in Bächen, Teichen und Sümpfen, niemals im Meere, aber in allen Weltteilen; man erkennt sie außer an dem angedeuteten Habitus auch schon an dem unangenehmen, moderigen Geruch, der lange der Hand anhaftet, mit der man eine Chara herausgeholt hat. Sammelt man sie im Sommer, so findet man wohl auffallend rote Kügelchen an den Ästen und erkennt daran, daß die Chara „blüht". Denn diese Gebilde sind die Antheridien oder männlichen Geschlechtsorgane, während die als Sporenknospen oder Oogonien bezeichneten weiblichen Organe weniger auffallen, da sie grün aussehen wie die ganze Pflanze. Der Bau von beiden Organen ist sehr eigentümlich und unterscheidet die Characeen von allen anderen Algen. (vgl. Fig. 18.)

Die Antheridien sind kugelig und die Wand der Kugel besteht aus acht dreieckigen Platten, wie sie entstehen, wenn man eine Kugeloberfläche nach den drei Richtungen des Raumes durch gerade Schnitte teilt. In die innere Höhlung der Kugel ragt von der Mitte jeder Platte ein Stiel, an dessen innerem Ende ein Büschel langer Fäden sitzt, die in lauter kleine, scheibenförmige Zellen geteilt sind: erst aus diesen Zellen entwickelt sich je ein Spermatozoid aus dem Kern der Zelle. Schließlich

zerfällt das Antheridium in acht Teile, die Fäden werden frei gelegt und die Spermatozoidien treten aus ihrer Mutterzelle aus: sie erscheinen als schraubig gewundene Fäden mit zwei Cilien an dem dünneren Ende und erinnern dadurch an die Spermatozoidien der Moose, während sie unter den Algen nicht ihresgleichen haben. Die Oogonien treten an denselben Exemplaren auf wie die Antheridien oder an besonderen weiblichen Pflanzen, sodaß wir monöcische und diöcische Arten zu unterscheiden haben. Sie bestehen aus einer großen, von dem Ei erfüllten Zelle und fünf Hüllschläuchen, die in einem Quirl am Stiel des Oogoniums entspringen und sich dicht nebeneinander um dasselbe herum legen seinen Scheitel noch etwas überragend. Sie wachsen aber nicht gerade in die Höhe, sondern mit einer schraubigen Drehung, was den Sporenknospen und reifen Früchten ein sehr charakteristisches Aussehen gibt. Über dem Scheitel des Oogoniums bilden die Hüllschläuche ein sog. Krönchen, das entweder aus 5 Zellen (bei der Gattung Chara u. a.) oder aus zweimal 5 Zellen (bei der Gattung Nitella u. a.) besteht. Bei der Reife strecken sich die Schläuche unter diesem Krönchen etwas und weichen seitlich auseinander, so daß kleine Spalten entstehen, durch die die heranschwimmenden Spermatozoidien zu dem Ei gelangen können.

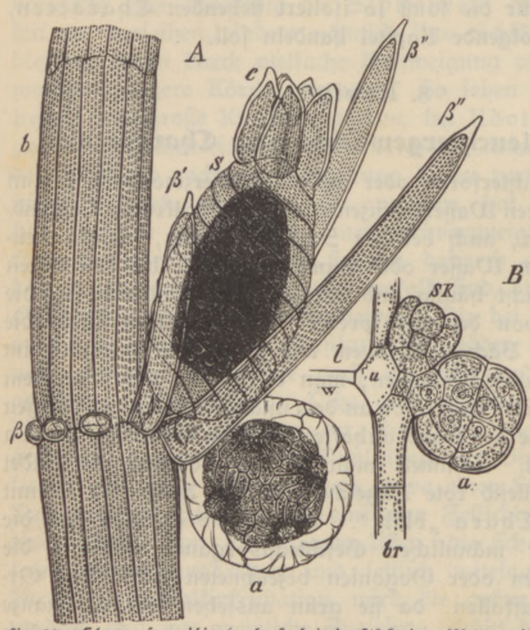


Fig. 18. Chara fragilis (nach Sachs) A. Stück eines Blattes mit Antheridium a und Sporenknospe, s Hüllschläuche c Krönchen. B. Antheridium und Sporenknospe jung.

Das befruchtete Ei wird zur Oospore, die von den fest und dunkler werdenden inneren Teilen der Hüllschläuche umgeben bleibt und den Winter über ausdauern kann. Wenn sie keimt, so tritt nur der oben abgegliederte Teil heraus und an diesem wird sogleich ein Stamm und ein Wurzelteil unterschieden. Letzterer besteht nur aus dünnen, farblosen Schläuchen, die in lange Zellen gegliedert sind. Der Stammteil wird nicht zum eigentlichen Stamm, sondern bildet einen sogenannten Vorkeim, aus dem seitlich der Stamm herauswächst, und zwar wird gleich eine Scheitelzelle angelegt, die immer an der Spitze des Stammes erhalten bleibt. Jede von der Scheitelzelle abgegliederte Zelle teilt sich in zwei Teile, deren oberer kurz bleibt, aber sich in mehrere Zellen teilt, deren unterer aber sich streckt und ein langes Glied zwischen den Wirteln bildet. Da diese Zwischenglieder immer einzellig bleiben, so haben wir hier Zellen, die bei manchen Arten mehrere Zentimeter lang sind. Bei Nitella besteht das Glied wirklich nur aus einer Zelle, bei Chara aber bilden sich noch Berindungsschläuche um die Zelle, die vom oberen und unteren Knoten nach unten und oben wachsen und in der Mitte zusammentreffen. Aus dem Knoten entspringt ein Quirl von Blättern, die sich ähnlich gliedern wie der Stamm und ihrerseits Blättchen tragen. Man nennt diese Organe Blätter und Blättchen, weil sie ein begrenztes Wachstum haben; die Seitenzweige aber, die wie der Stamm an der Spitze weiterwachsen, entstehen einzeln aus den Knoten, in der Achsel des zuerst angelegten Blattes.

An den Blättern sitzen nun auch die oben geschilderten Antheridien und Oogonien, die abgesehen von verschiedenen vegetativen Vermehrungsorganen, die einzigen Reproduktionsorgane der Characeen sind: ihnen fehlen also die sonst bei den Algen so häufig auftretenden Schwärmsporen. Von der inneren Organisation, die auch manche interessante Eigentümlichkeit aufweist, wollen wir nur erwähnen, daß das Protoplasma sich in lebhaft strömender Bewegung befindet, so daß diese Erscheinung gerade bei den Characeen zuerst beobachtet worden ist, nämlich schon 1772 von dem italienischen Gelehrten Corti, und auch jederzeit unter dem Mikroskop wahrgenommen werden kann, wenn man eine lebende Nitella zur Verfügung hat. Übrigens kann man diese Pflanzen sehr leicht jahrelang in einem größeren Einmachglas halten, wenn man unten einen schlammigen Boden

herstellt, das Glas mit Wasser füllt und mit einer Glasscheibe bedeckt.

Man unterscheidet in der Familie der Characeen zwei Unterfamilien mit sechs Gattungen und ca. 160 Arten. Die Unterscheidung der Arten bietet deshalb besondere Schwierigkeiten, weil viele wenigstens in eine ganze Anzahl von Formen zerfallen. Zur Bestimmung der Arten benutzt man fast alle oben kurz beschriebenen Verhältnisse in den vegetativen und reproduktiven Teilen und außerdem noch die der Berindung und Behaarung, die Ausbildung der kranzförmig gestellten Nebenblätter und andere Einzelheiten, die wir nicht näher besprechen konnten.

9. Kapitel.

Die Fortpflanzungsverhältnisse bei den Algen.

Gerade bei den Algen sind die Wege, auf denen sich die Individuen vermehren und die Art erhalten wird, so mannigfaltig, daß eine Übersicht darüber wünschenswert erscheint. Die einfachste Art der Vermehrung ist die Zellteilung, und diese ist die einzige Art der Fortpflanzung bei der niedersten Gruppe, den Flagellaten. Bei den meisten anderen einzelligen Algen ist daneben noch eine besondere Art der Sporenbildung vorhanden. Diese Sporenbildung dient dann nicht immer zur Vermehrung, wie z. B. bei den Desmidiaceen, bei denen sich zwei Zellen zur Bildung einer Spore vereinigen; dies ist vielmehr eine Einrichtung, die zur Erhaltung der Art dient, da die Spore widerstandsfähiger als die vegetative Zelle ist. Hier können wir auch hinweisen auf die Auxosporen der Diatomeen, die besonders dazu dienen, die ursprüngliche Größe der bei der Teilung immer kleiner werdenden Zellen wiederherzustellen. (Vgl. Kap. 3, S. 15.)

Wie bei allen Pflanzen müssen wir auch bei den Algen zwei Arten der Fortpflanzung unterscheiden, die vegetative und die durch Keimbildung; ihre Unterschiede aber können wir hier nur derartig andeuten, daß wir sagen, die erstere besteht in einem Wachstum unter gewöhnlicher Zellteilung, während bei der letzteren eine Zellverjüngung statfindet Bei der oben erwähnten Vermehrung der Einzelligen durch Zellteilung ist ein solcher Unterschied natürlich nicht vorhanden. Vegetative Vermehrung nun findet bei den Algen gewöhnlich einfach dadurch statt, daß

einzelne Teile vom Thallus abgetrennt werden und selbständig weiterwachsen, wie das besonders bei manchen Meeresalgen der Fall und bei Caulerpa (S. 41) die einzige Art der Vermehrung ist. Eigene vegetative Vermehrungsorgane, den Brutzwiebeln und Brutknospen höherer Pflanzen vergleichbar, kommen bei den Algen selten vor, doch kennt man sie z. B. bei einzelnen Sphacelaria-Arten (S. 33) und hier kann man die Spezies schon nach der Gestalt der Brutknospen bestimmen.

Die Keimbildung kann geschlechtlich und ungeschlechtlich sein, und gerade bei den Algen haben wir die schönste Gelegenheit zu sehen, wie sich allmählich die geschlechtliche Differenzierung entwickelt, wie in gewissen Fällen die schwärmende Keimzelle sich sowohl direkt, also ungeschlechtlich, oder auch nach Kopulation mit einer anderen gleichartigen zur neuen Pflanze entwickeln kann, wie also die Sexualität als etwas sekundäres hinzutritt, dessen Bedeutung noch keineswegs klar erkannt ist.

Wir beginnen unsere Übersicht mit den blaugrünen Algen oder Cyanophyceen, die auf einer ziemlich tiefen Stufe der Entwicklung stehen geblieben sind (siehe oben S. 10). Sie vermehren sich hauptsächlich durch Zellteilung und durch unbewegliche Sporen; wie oben (S. 13) gesagt, entsteht nur bei einigen wenigen Formen die Spore durch Verschmelzung zweier benachbarter Zellen. Ein eigentlicher Geschlechtsakt kann darin noch noch nicht gesehen werden. Das Fehlen der Sexualität bei diesen Algen kann vielleicht in Verbindung gebracht werden mit der Beschaffenheit der Zellkerne, die abweichend von denen der anderen Pflanzen gebaut sind und nicht die charakteristischen Teilungsfiguren bilden, die bei allen höheren Pflanzen bei der Kernteilung auftreten und karyokinetische Figuren genannt werden.

Bei den Diatomeen erfolgt die Bildung der Auxosporen zwar nicht in allen Fällen, aber bei manchen Arten, durch die Verschmelzung der Plasmakörper zweier Zellen, dabei ist auch eine Verschmelzung der Zellkerne beobachtet worden. Zwar sind die Auxosporen weder Vermehrungsorgane noch Ruhezustände der Diatomeen, sondern nur Gebilde, deren Entstehung durch die Teilungs- und Wachstumsverhältnisse der Zellen bedingt wird, aber sie müssen doch mit anderen Sporen verglichen werden, und ihre Bildung ist, soweit sie durch Zellverschmelzung erfolgt, entschieden analog derjenigen der Zygosporen bei den

Conjugaten. Die Diatomeen haben echte Zellkerne, die sich karyokinetisch, aber unter einer eigentümlichen Abänderung dieses Vorganges teilen.

Bei den Conjugaten muß nun immer eine Verschmelzung zweier Zellinhaltskörper eintreten, wenn eine Spore gebildet werden soll, aber eigentümlich ist es, daß die Verschmelzung der Plasmamassen nicht immer mit der Kernverschmelzung verbunden ist, sondern das letztere viel später, erst vor der Keimung der Zygospore, eintreten kann (Fig. 19). Dieses ist bei verschiedenen Desmidiaceen, wie Closterium- und Cosmarium-Arten beobachtet worden. Unter den fadenförmigen Conjugaten erhalten sich bei den Spirogyra-Arten die zwei Kerne in der

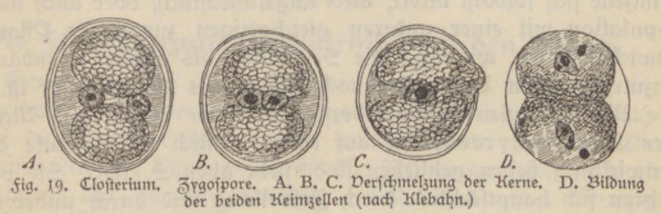


Fig. 19. Closterium. Zygospore. A. B. C. Verschmelzung der Kerne. D. Bildung der beiden Keimzellen (nach Klebahn.)

jungen Zygote tagelang getrennt neben einander und erst völlig ausgereifte Zygoten zeigen nur einen Kern. Es hat also den Anschein, als spielten hier die Kerne noch nicht die Hauptrolle bei der Kopulation, sondern als ob es zunächst nur auf die Vereinigung zweier Plasmamassen ankäme. Diese, sowie die ganzen kopulierenden Zellen sind hier noch einander gleich oder doch sehr ähnlich. Bei den einzelligen Konjugaten, den Desmidiaceen, sind die kopulierenden Zellen äußerlich nicht zu unterscheiden. Bei den fadenförmigen kann wohl folgender Modus der Kopulation als der einfachste angesehen werden: es vereinigen sich zwei benachbarte Zellen eines Fadens, die vorher von größeren Zellen abgetrennt worden sind, dadurch, daß die trennende Querwand resorbiert wird, worauf natürlich die vereinigten Plasmakörper noch mit einer gemeinsamen Haut umgeben werden und so die Zygospore gebildet wird (Fig. 20). Die beiden kopulierenden Zellen d und b sind also nicht Teile einer Zelle, sondern stammen von verschiedenen Zellen, a und c ab. Wir sehen dann bei anderen Arten, wie die kopulierenden Zellen erst eine Verbindung

zwischen sich herstellen müssen, den Kopulationskanal. Die Plasmakörper der zwei Zellen können sich in jenem vereinigen, oder es wandert, auf der nächsten Stufe, der Inhalt der einen Zelle durch den Kopulationskanal zu dem zweiten hinüber, um hier mit ihm zu verschmelzen: in diesem Falle können wir schon den ersteren als das männliche, den letzteren als das weibliche Element ansehen (siehe oben S. 19, Fig. 6). Für den sich hinüber bewegenden, männlichen Plasmakörper ist es vorteilhaft, wenn er kleiner und dadurch leichter beweglich ist: dies sehen wir bei einer Gattung der fadenförmigen Conjugaten, bei Sirogonium, wo die Mutterzellen der männlichen und weiblichen Zellen ungleich sind. Anfangs sind sie ziemlich gleich an Größe, in der einen aber wird eine kleine von einer größeren Zelle getrennt, und letztere gibt die weibliche, in der anderen dagegen entstehen drei Zellen, und die mittlere, kleine, gibt die männliche. Dies ist die höchste Differenzierung in den kopulierenden Zellen, die wir bei den Conjugaten kennen, diese Art der Befruchtung wird bei den Algen nicht weiter ausgebildet, sondern es ist die Kopulation der Schwärmsporen, die später zur Unterscheidung zwischen ruhenden Eiern und beweglichen Spermatozoiden führt. Die Conjugaten sind eben ein kleiner selbständiger Sproß, der von dem Hauptsproß der einfachen, flagellatenartigen Organismen sich erhebend, nicht weiter gewachsen ist. Eine Zwischenstufe zwischen den Algen, bei welchen sich nicht bewegliche, und denen, bei welchen sich nackte Schwärmzellen zur Sporenbildung vereinigen, zeigt Chlamydomonas. Hier kopulieren, wie Fig. 21 zeigt, zwei schwärmende Zellen die mit Membran umhüllt sind, und es findet ein Hinüberwandern von einem Plasmakörper zum anderen statt.

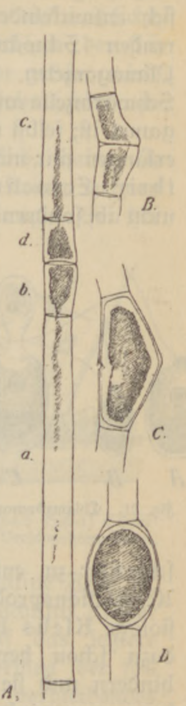


Fig. 20. Mougeotia Uleana, eine fadenförmige Konjugate; Bildung der Sporen. (Erklärung im Text.)

Als Pringsheim im Jahre 1869 die Paarung der Schwärmsporen bei Pandorina entdeckt hatte, (siehe oben S. 25, Fig. 8) erkannte er auch sogleich die Bedeutung dieser Ent-

deckung für das Verständnis der sexuellen Fortpflanzung: stellt doch die Paarung der Schwärmsporen sich als die einfachste Form der Paarung überhaupt dar. Außer für Pandorina kennt man diese Schwärmsporenkopulation jetzt für eine ziemlich große Anzahl grüner und brauner Algen; im Gegensatz zu den direkt sich entwickelnden Schwärmsporen bezeichnet man die sich paarenden Schwärmer, die ja noch keine Sporen sind, als Planogameten. Freilich gibt es kein Merkmal, um einer solchen Schwärmzelle anzusehen, ob sie eine Schwärmspore oder ein Planogamet ist; selbst wenn wir die Entwicklung der einzelnen verfolgen, erlangen wir nicht immer Sicherheit, denn in einigen Fällen (Ulothrix, Ectocarpus) sterben die einzeln bleibenden Planogameten nicht ab, sondern keimen und werden zu Pflänzchen, die sich allerdings

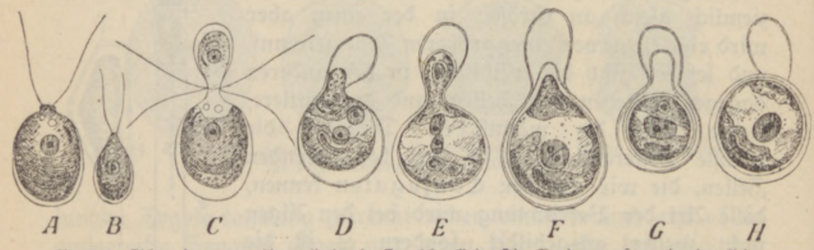


Fig. 21. Chlamydomonas Braunii (nach Goroschankin). A, B eine große und eine kleine Schwärmzellen. C — H deren Copulation.

schlechter zu entwickeln scheinen als die aus der Zygote, dem Kopulationsprodukt der Planogameten, entstehenden. Der Physiologe Klebs hat es sogar fertig gebracht, die Kopulation der dazu schon bereiten Gameten durch äußere Einflüsse zu verhindern und sie einzeln zur Keimung und selbständigen Entwicklung zu veranlassen. Daß aus den gleichen Planogameten die als männliche und weibliche zu unterscheidenden entstehen, darf man wohl auf den Umstand zurückführen, daß die Kernschmelzung der wichtigste Vorgang bei der Paarung ist, das Protoplasma aber, das bei den sich paarenden Planogameten verschmilzt, mehr die Rolle eines Nahrungsstoffes spielt. Während es nun jedenfalls vorteilhaft ist, daß die keimfähige Zelle gleich mit einer größeren Menge von Protoplasma ausgestattet ist, so ist es nicht so wichtig, ob an die beiden Kerne gleiche Mengen von Protoplasma gebunden sind, oder ob das Protoplasma mehr zu dem einem Kerne gehört. Es erscheint dem-

nach zweckmäßig, die Arbeit in der Weise zu verteilen, daß dem einen Kern die Hauptmenge des ernährenden Plasmas beigegeben wird, dem andern aber die Aufgabe zufällt, jene Zelle aufzusuchen, und daß dieser zur Erhöhung der Beweglichkeit möglichst von Plasma entlastet wird: wir nennen die kleine bewegliche Zelle die männliche und die größere die weibliche. Wie sich ein solcher Unterschied aus der Gleichheit der sich paarenden Schwärmer entwickelt und wie er immer größer wird, können wir bei den grünen und braunen Algen sehr schön verfolgen.

Wenn die Planogameten einander gleich sind, haben sie meistens eine sehr geringe absolute Größe, bei der kleinen grünen Alge Chaetopeltis sind sie 0,008—0,01 mm lang. Bei der mit dieser nahe verwandten Alge der Gattung Aphanochaete (Fig. 22) kopuliert immer eine kleinere Schwärmzelle mit einer größeren: die erstere ist noch nicht 0,01 mm lang und zirka 0,004 mm dick, die letztere ist kugelig und hat einen Durchmesser von 0,018—0,020 mm. Die erstere entsteht einzeln oder zu zweien in einer Zelle, die kleiner als die vegetative Zelle ist, die letztere entsteht einzeln in einer Zelle, die beträchtlich größer als die vegetative Zelle ist. In Beziehung auf das letztere Verhältnis finden wir ganz ähnliches bei den Formen der folgenden Stufen, bei denen ein im Oogonium verbleibendes Ei der großen Schwärmzelle von Aphanochaete entspricht und von einer kleinen männlichen Schwärmzelle aufgesucht und befruchtet wird. Das Ei hat eben seine Beweglichkeit ganz eingebüßt und deshalb muß der andere, männliche Gamet bis in das Oogonium eindringen, wie es der Fall bei Oedogonium, Coleochaete und anderen ist (vgl. Fig. 23).

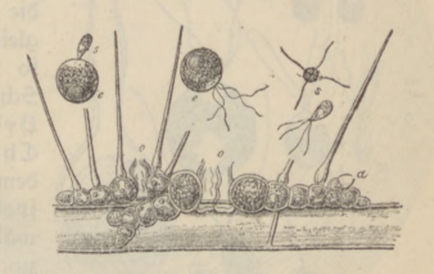


Fig. 22. Aphanochaete repens (nach Huber) s. Spermatozoidien, e Eizelle, links oben Verschmelzung beider.

Auch unter den Siphoneen haben wir solche verschiedene Stufen in der Ausbildung der Sexualität: bei Acetabularia kopulieren zwei gleichartige kleine Planogameten, bei Bryopsis ist der eine etwa doppelt so groß wie der andere, bei Vau-

cheria schließlich wird ein großes Ei im Oogonium von einer winzig kleinen Schwärmzelle befruchtet. Es kommt auch vor, daß zahlreiche Eier im Oogonium gebildet werden, so bei der grünen, fadenförmigen Sphaeroplea, allein die Zahl der männlichen Schwärmzellen, die in einem Antheridium entstehen, ist noch viel größer, und sie sind so schmal, daß sie durch die engen Öffnungen der Membran in den Antheridien und Oogonien heraus- und hineinschlüpfen können, während die Eier kugelig und etwa doppelt so dick, wie die Spermatozoiden lang sind.

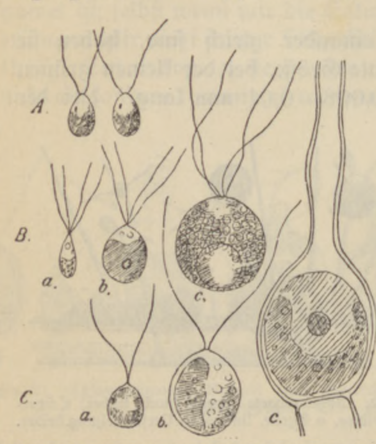


Fig. 23 A. Planogameten von Chaetopeltis B. Aphanochaete repens. C. Coleochaete pulvinata. a Spermatozoid, b Schwärmspore, c Ei.

Neben der sexuellen Reproduktion kommt nun häufig noch eine asexuelle durch Schwärmsporen vor. Wenn die erstere in einer Kopulation gleicher Planogameten besteht, so sind diese kleiner als die Schwärmsporen, z. B. bei Hydrodictyon, Ulothrix, Chaetophora u. a., außerdem haben die Schwärmsporen bisweilen vier Cilien, während die Gameten nur zwei besitzen, so daß die sich paarenden Gameten gewissermaßen die Hälften einer Schwärmspore darstellen und sich bei der Kopulation wieder vereinigen. Wenn sich aber männliche und weibliche Gameten deutlich unterscheiden lassen, dann stehen die Schwärmsporen in ihrer Größe meistens in der Mitte zwischen ihnen, und so zeigt Aphanochaete dreierlei viercilige Schwärmsporen, die größten sind die weiblichen Gameten. Auch die Arten mit ruhenden Eiern, wie Oedogonium und Coleochaete haben Schwärmsporen, die etwas kleiner als die Eier, aber größer als die Spermatozoidien sind (vgl. Fig. 23). Warum die männlichen Gameten kleiner, die weiblichen aber größer werden, wurde oben erläutert. Wir können aber auch aus dem bis jetzt Bekannten schon erklären, warum die kleinen männlichen Gameten nicht imstande sind, sich selbständig weiter zu entwickeln: enthalten sie doch neben dem Kern sehr wenig Plasma:

bei den Characeen z. B. so wenig, daß es nur schwer nachzuweisen ist. Die Eier dagegen sind viel eher imstande, sich ohne Befruchtung zu entwickeln, weil ihnen eine genügende Menge von Plasma mitgegeben ist, und so ist denn die Entstehung neuer Pflanzen aus unbefruchteten Eiern eine nicht selten vorkommende, Parthenogenese genannte Erscheinung bei den Algen (z. B. bei Sphaeroplea, Oedogonium, Cylindrocapsa).

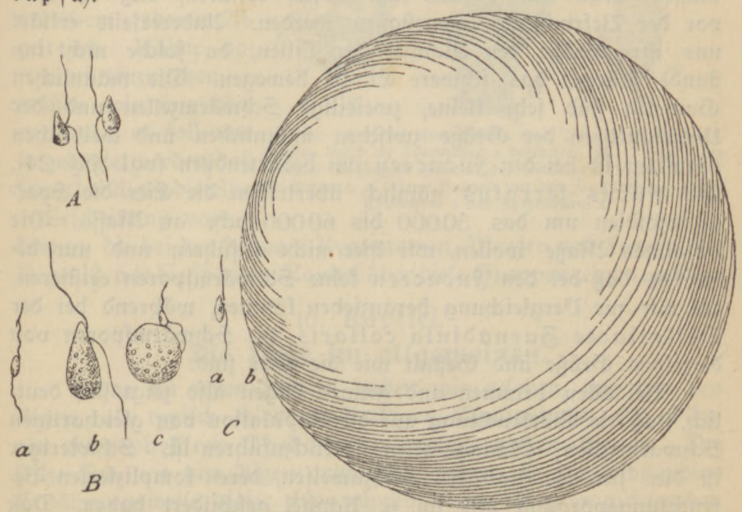


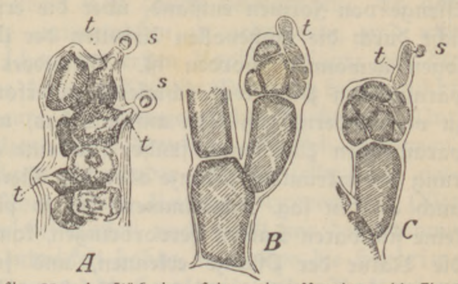
Fig. 24. A. Ectocarpus, Planogameten. B. Cutleria: a Spermatozoid, b Schwärmspore, c Ei vom Spermatozoid befruchtet. C Fucus: a Spermatozoid, b Ei.

Interessante Übergänge von der Schwärmsporenpaarung zur Eibefruchtung können wir auch bei den braunen Algen beobachten. Der weitaus größte Teil der hierher gehörenden Formen pflanzt sich durch ungeschlechtliche Schwärmsporen fort. Aber schon bei der Gattung Ectocarpus haben wir sowohl eine Paarung gleicher Planogameten als auch eine solche von kleineren männlichen mit größeren weiblichen. Interessant ist eine Art der Gattung, bei der die Planogameten anfangs ganz gleich aussehen, aber schon vor der Kopulation eine Verschiedenheit auftritt, indem sich der eine, also der weibliche, festsetzt, und der andere, der männliche, jenen aufsucht, sich ihm anlegt und schließlich mit ihm verschmilzt. Auf einer etwas höheren Stufe

steht die Familie der Cutleriaceen bei denen regelmäßig kleinere männliche und größere weibliche Planogameten verschmelzen, und auch eine parthenogenetische Entwicklung der unbefruchtet bleibenden Eier vorkommt, sie bilden übrigens außer den Planogameten auch echte Schwärmsporen. Auf der dritten und höchsten Stufe stehen die Fucaceen, deren große kugelige Eier als Schwärmzellen ohne Cilien aufgefaßt werden müssen, denn nur daraus läßt es sich erklären, daß die Eier vor der Befruchtung ausgestoßen werden. Andererseits erklärt uns ihre Größe den Mangel der Cilien, da solche nicht imstande wären, das schwere Ei zu bewegen. Die männlichen Gameten sind sehr kleine, zweicilige Schwärmzellen und der Unterschied in der Größe zwischen männlichen und weiblichen Gameten ist bei den Fucaceen am bedeutendsten (vgl. Fig. 24). Bei Fucus serratus nämlich übertreffen die Eier die Spermatozoidien um das 30000 bis 60000fache an Masse. Die absoluten Maße wollen wir hier nicht anführen und nur bemerken, daß bei den Fucaceen keine Schwärmsporen existieren, die wir zur Vergleichung heranziehen könnten, während bei der Cutleriacee Zarnadinia collaris die Schwärmsporen von derselben Größe und Gestalt wie die Eier sind.

Bei allen braunen und grünen Algen also zeigt sich deutlich, daß die Eibefruchtung auf die Kopulation von gleichartigen Schwärmzellen, Planogameten, zurückzuführen ist. Schwieriger ist dies für die Florideen nachzuweisen, deren komplizierten Befruchtungsvorgang wir im 6. Kapitel geschildert haben. Daß das Spermatium ohne Geißeln aus einem richtigen Spermatozoid entstanden ist, unterliegt aber wohl keinem Zweifel, und daß die mit der Trichogyne versehene Eizelle einem ruhenden Ei entspricht, geht schon daraus hervor, daß ihr Kern bei der Befruchtung mit dem männlichen Kern verschmilzt (vgl. Fig. 15 E F). Es läßt sich dies auch aus den einfacheren Verhältnissen der Bangiaceen (s. oben S. 39) ableiten. Bei einigen Formen dieser Gruppe nämlich wird noch das ganze Ei, mit dem das Spermatium verschmolzen ist, direkt zur Spore, die, unter Zurücklassung der alten Zellhaut als nackte Zelle heraustritt, bei andern aber behält das befruchtete Ei zunächst die alte Zellhaut der weiblichen Zelle noch bei, fächert sich ein- oder mehreremale und dann wandern aus den Teilzellen die Inhalte als nackte Sporen heraus. Bei den Florideen aber werden so-

zusagen die durch Fächerung entstehenden Zellen erst zu Fäden und deren Endzellen zu den Sporen (vgl. Fig 25). Wie schon oben gesagt (S. 38) haben wir bei den Florideen eine Art von Generationswechsel und diesen treffen wir auch bei manchen anderen Algen an. Näher darauf einzugehen, müssen wir uns hier versagen; es soll nur angedeutet werden, daß schon bei Algen dieselbe Erscheinung vorkommt, die bei den höheren Kyptogamen, Moosen und Farnen, die Regel ist, wie die späteren Kapitel über diese Gruppen zeigen werden.



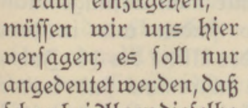


Fig. 25. A. Stück eines Fadens einer Bangiacee: die Eier t werden durch die Spermatien s befruchtet. B, C Stück einer Floridee: B jüngere Zustand des weiblichen Organs mit der Trichogyne t, C älterer Zustand mit dem Fruchtanfang, an der Trichogyne t das Spermatium s.

10. Kapitel.

Die Pilze im allgemeinen.

Schon im ersten Kapitel haben wir gesehen, daß wir den Algen, als typisch chlorophyllhaltigen Thallophyten, die Pilze, als chlorophyllfreie Thallophyten, entgegensetzen können. Die Pilze sind aus den Algen entstanden, indem sie die selbständige Ernährungsweise dieser chlorophyllhaltigen Pflanzen aufgegeben haben, sich nicht mehr selbst aus der Kohlensäure der Luft und dem Wasser organische Stoffe aufbauen, sondern die vorhandenen organischen Stoffe benutzen, um sich von ihnen saprophytisch d. h. von lebloser, organischer Materie, oder parasitisch d. h. von lebenden Organismen zu ernähren (vgl. Anm. S. 7.), wobei sie des Chlorophylls verlustig gegangen sind. So wenigstens müssen wir uns wohl die Sache vorstellen, denn der Verlust des Chlorophylls kann nicht das primäre gewesen sein, weil sonst die davon betroffenen Pflanzen zugrunde gegangen wären, ehe sie die neue Lebensweise erlernt hätten.

Diese ergab sich nun sozusagen als ein brauchbarer Weg, und wie sich auf diesem auch das ganze Tierreich entwickelt hat, so entwickelten sich die Pilze ihrerseits von einfachen zu höheren, d. h. komplizierter gebauten Formen, dabei aber natürlich inner-

halb der Grenzen, die ihnen durch ihre pflanzliche Natur im Gegensatz zur tierischen vorgeschrieben sind, und eine ungeheuere Menge von Formen entstand, über die erst allmählig eine Übersicht durch die mühevollen Arbeiten der Pilzforscher oder Mykologen gewonnen worden ist. Besonders die Lebensweise der parasitischen Pilze war schwierig zu erforschen, und es ist nicht zu verwundern, daß man anfangs das, was man jetzt als einen parasitischen Pilz kennt, früher für eine geschwürartige Wucherung der erkrankten Pflanze oder des Tieres gehalten hat. Aber auch an den sog. Schwämmen, die so plötzlich aufschießen und keine sichtbaren Samen hervorbringen, konnte man anfangs nicht die Natur der Pflanze erkennen, und so finden wir in dem Kräuterbuch des Hieronymus Bock aus der Mitte des 16. Jahrhunderts darüber folgendes gesagt: „Alle schwemme sind weder kreutter noch wurtzeln, weder blumen noch samen, sondern eittel überflüssige feuchtigkeit der Erden, der beume, der faulen höltzer und anderer faulen dingen. Von solcher feuchtigkeit wachsen alle Tubera und Fungi. Das kan man daran war nemen, alle obgeschriebene Schwemme (sonderlich die in den kuchen*) gebraucht werden) wachsen am meisten, wenn es dondern oder regnen will, sagt Aquinas Ponta. Darumb die alten sonderlich acht darauff gehabt, und gemeinet, daß die Tubera (dieweil sie von keinem samen aufkommen) mit dem Himel etwas vereinigung haben. Auff diese weiß redet auch Porphyrius, und spricht: der Götter Kinder heißen Fungi und Tubera, darumb das sie on samen unnd nit wie andere leut geboren werden."

Aber solche Anschauungen erhielten sich sogar bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts, obwohl bereits 1729 Micheli in seinem Werke zeigte, daß die Schwämme Sporen bilden, und daß aus letzteren die ersteren wieder entstehen können. Indessen dürfen wir hier nicht weiter auf die Geschichte der Pilzforschung eingehen: wir wollen nur die Namen Tulasne, de Bary und Brefeld nennen als solcher Forscher, die zum Ausbau der modernen Wissenschaft von den Pilzen am meisten beigetragen haben.

Der italienische Forscher Saccardo hat versucht, sämtliche beschriebenen Pilzarten zusammenzustellen und zählt in seinem vielbändigen, immer wieder ergänzten Werk 30 bis 40000 Arten auf. Bei dieser Fülle des Materials und bei der praktischen

*) d. h. Küchen.

Bedeutung besonders der parasitischen Pilze ist es verständlich, wenn die Pilzkunde ein eigenes Fach bildet und manche Forscher sich zeitlebens nur mit einem Teil davon beschäftigen; Es gilt nun, sich in dieser Fülle einigermaßen zu orientieren, und wir erinnern uns an das schon im ersten Kapitel gesagte, daß die Pilze im weitesten Sinne keine einheitliche Ordnung bilden, nicht einen Ast am Stammbaum des Pflanzenreiches darstellen. Nur von den eigentlichen Pilzen, den Fadenpilzen, läßt sich annehmen, daß sie ein von den Algen abgehender und sich selbständig verzweigender Ast sind. Aber einige kleinere Gruppen der Pilze dürften sich aller Wahrscheinlichkeit nach direkt aus der Stammgruppe der Flagellaten entwickelt haben, vor allem die Schleimpilze oder Myxomyzeten und die Spaltpilze oder Bakterien. Von den Chytridiaceen ist es fraglich, ob sie direkt von den Flagellaten stammen oder als reduzierte Formen der Fadenpilze aufzufassen sind. Indem wir die letzgenannten zunächst beiseite lassen und die weiteren Eigentümlichkeiten der Pilze im allgemeinen bei den Fadenpilzen besprechen, wollen wir uns zunächst mit den beiden andern Gruppen beschäftigen und mit den Bakterien beginnen.

11. Kapitel.

Die Bakterien.

Wir könnten diese Gruppe übergehen und auf die Bearbeitung verweisen, die sie in einem eigenen Hefte unserer Sammlung durch Dr. Miehe erfahren hat; jedenfalls können die dort gegebenen Abbildungen zur Illustration der hier gemachten Ausführungen dienen. Allein die Vollständigkeit dürfte es doch erfordern, daß wir hier wenigstens eine kurze Charakteristik geben und ihre Stelle im System bezeichnen. Was den letzteren Punkt betrifft, so leiten wir auch die Bakterien von den Flagellaten ab und erklären ihre vereinfachte Organisation einesteils aus der parasitischen oder saprophytischen Lebensweise, anderenteils aus ihrer außerordentlichen Kleinheit, die wieder in gewisser Hinsicht als Anpassung an den Parasitismus angesehen werden kann. Denn eine Infektion höherer Organismen durch Parasitenkeime aus der Luft wird natürlich um so leichter möglich sein, je kleiner die letzteren sind. Die Bakterien gehören überhaupt zu den kleinsten Lebewesen, die wir kennen, man mißt sie deshalb, wie auch die meisten anderen

mikroskopischen Gebilde, nach 1000 Teilen des Millimeters und nimmt als Einheit $^1/_{1000}$ mm, was man mit einem griechischen m oder μ bezeichnet. Gerade die Bakterien, die solche durch die Luft übertragenen Infektionskrankheiten hervorrufen, sind äußerst klein: Bacterium influenzae bildet 0,4 μ dicke und 0,8—1,0 μ lange Stäbchen, Bacterium tuberculosis solche von 0,3—0,5 μ Dicke und 1,6—3,5 μ Länge. Eine andere Art, die 2,5 μ dick und 6—8 μ lang ist, gilt schon als ein solcher Riese unter den Bakterien, daß man ihr den stolzen Namen Bacillus megatherium gegeben hat. Größer sind die Spirillen, und Spirillum volutans, eine der größten Bakterienarten, bildet 2—2,5 μ dicke und 30—50 μ lange, schraubig gedrehte Stäbchen. Wie klein diese Gebilde sind, sieht man am besten daraus, daß die Parenchymzellen höherer Pflanzen im allgemeinen einen Durchmesser von 20—90 μ zu besitzen pflegen. Solche winzige Zellen können natürlich sehr einfach gebaut sein: das Plasma der Zelle hat weder einen Zellkern differenziert, noch ist es mit einer Zellulosemembran umgeben. Kleine, stark lichtbrechende Körnchen scheinen aus Chromatin (Zellkernsubstanz) zu bestehen und den Zellkern zu vertreten, und die Membran, die bei allen Bakterien sichtbar ist, besteht aus einem, vom Plasma ausgeschiedenen, eiweißartigen, festen Stoff. Von dieser Membran gehen nun, wenigstens bei vielen Formen, Geißeln (Cilien) aus, und diese Eigenschaft weist auf die Abstammung der Bakterien vor den Flagellaten hin. Die Geißeln sind an einem Ende oder an beiden Enden, in der Ein- oder Mehrzahl angeheftet, oder es sind zahlreiche Geißeln über den ganzen Körper verstreut, Verhältnisse, die zur Unterscheidung der Arten benutzt und durch unsere Figur 26 anschaulich gemacht werden. Mit Hülfe dieser Cilien können sich die Bakterien im Wasser bewegen, während bei Spirochaete, die keine Cilien haben soll, der ganze schraubig-gewundene Körper schlangenartige Bewegungen macht.

Die Vermehrung der Bakterien geschieht durch einfache Teilung oder Spaltung, weshalb sie auch Spaltpilze oder Schizomyzeten genannt worden; dabei sind zwei Arten der Teilung zu unterscheiden. Die kurzen Formen oder Coccaceen nämlich schnüren sich in der Mitte ein und zerfallen schließlich in zwei Teile, die zur ursprünglichen Form heranwachsen; hier kann die Teilung in beliebiger Richtung erfolgen, bei den stäbchen-

förmigen Bakterien aber streckt sich die Zelle erst auf das doppelte ihrer ursprünglichen Länge und zerfällt dann durch eine Teilung in der Mitte in zwei gleiche Hälften, die Teilung erfolgt hier immer in derselben Richtung, nämlich senkrecht zur Längenausdehnung der Zelle. Dieser Vermehrung durch Teilung, die um so lebhafter vor sich geht, je günstiger die Lebensverhältnisse sind, steht die Sporenbildung insofern gegenüber, als sie gewöhnlich eintritt, wenn die Lebensverhältnisse ungünstig werden, und es für die Erhaltung der Art erforderlich ist, Dauerzustände zu schaffen. Die Sporen werden immer im Innern der Zellen,

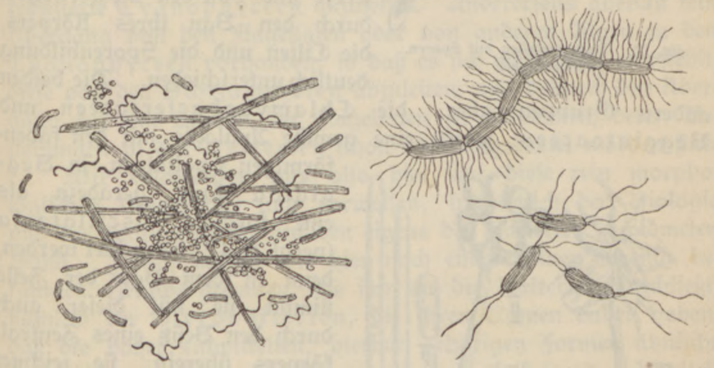


Fig. 26. Spaltpilze. 1. Aus dem Belag der Zähne (750× vergr.) 2. Bacterienzellen mit Geißeln (1500× vergr.)

und, mit wenigen Ausnahmen, je eine in einer Zelle gebildet, indem sich das ganze Plasma oder der größere Teil desselben zusammenballt und mit eigener Membran umgibt. (Vgl. Fig. 27.) Die Mutterzelle der Spore geht zugrunde, und die Spore wird frei; bei ihrer Keimung platzt die Membran oder verquillt, und der Inhalt, der eine eigene Zellwand bekommt, streckt sich und tritt als neue Zelle heraus.

Die Sporenbildung kommt besonders bei den eigentlichen Bacteriaceen vor d. h. denen, deren Zelle stäbchenförmig und gerade ist, vereinzelt findet sie sich auch bei den Coccaceen, deren Zelle kugelig ist und sich vor der Teilung nicht streckt, und bei den Spirillaceen, deren gestreckte Zelle schraubig gekrümmt ist, sie fehlt dagegen bei den Chlamydobacteriaceen,

deren Zellen zu Fäden vereinigt und deren Fäden von einer Scheide umschlossen sind, sie fehlt auch bei den Beggiatoaceen, fadenbildenden Formen ohne Scheide um die Fäden. Die drei ersten Gruppen sind die sog. eigentlichen Bakterien, deren Lebenserscheinungen besonders als Gährungs- und Krankheitserreger ein so außerordentliches Interesse hervorgerufen haben und auch verdienen. Diese Spaltpilze sind von den Spaltalgen durch den Bau ihres Körpers, die Cilien und die Sporenbildung deutlich unterschieden.



Fig. 27. Bakterienzellen mit Sporen. (1500×vergr.)

Die beiden andern Gruppen aber, die Chlamydobacteriaceen nnd Beggiatoaceen, zeigen eine gewisse Analogie mit den fadenförmigen Spaltalgen, ja Beggiatoa kann geradezu als eine farblose Oscillatoria (vergl. S. 12) betrachtet werden, denn in dem Bau der Zelle stimmt sie mit dieser auch durch den Besitz eines Zentralkörpers überein; sie zeichnet sich dadurch aus, daß in den Zellen zahlreiche Schwefelkörnchen auftreten.

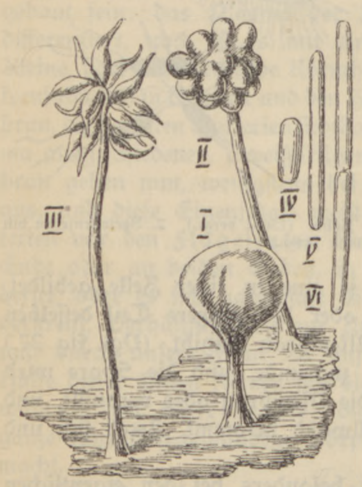


Fig. 28. Myxobakterien. 1—3. Chondromyces apiculatus in verschiedenen Stadien der Fruchtkörperentwickelung. — 4—6. Entwickelung der Bazillenform und Teilung der Stäbchen von Polyangium fuscum. (Nach Baur.)

Die Scheidenbakterien (Chlamydobakteriaceen) haben zylindrische Zellen, die sich zu langen, von einer Scheide umgebenen Fäden aneinander reihen, bei Cladothrix tritt auch eine Art von Verzweigung der Fäden auf. Die Zellen teilen sich alle senkrecht zur Längsrichtung des Fadens; bei Crenothrix, dem berüchtigten Brunnenfaden, und in einer anderen Gattung (Phragmidiothrix) teilen sich die Zellen, wenn der Faden ausgewachsen ist, auch nach den beiden andern Richtungen des

Raumes: so entstehen kubische Zellen, die sich abrunden und als eine Art von Conidien die Hülle verlassen. Auch bei Cladothrix treten die sich von einander trennenden Zellen des Fadens als Conidien heraus, sind dann aber mit Cilien versehen, was bei den andern eben erwähnten nicht der Fall ist. Die Fadenbildung, die Umscheidung der Fäden, die Verzweigung und die Bildung bewegungsloser Conidien sind Eigenschaften, die diese Spaltpilze mit den Spaltalgen gemeinsam haben, und durch die sie sich zugleich von den echten Bakterien unterscheiden. Es spricht also manches dafür, jene Gruppen als reduzierte Cyanophyceen anzusehen. Andererseits aber ist kein Übergang von den Flagellaten oder von anderen Algen zu den Cyanophyceen vorhanden, so daß es sich wohl mehr empfiehlt, diese von den Schizomyzeten abzuleiten, und dadurch den Übergang zu dem Stamm der Flagellaten zu bekommen, deren Beziehungen zu den Bakterien schon oben angedeutet worden sind.

Wir beschränken uns also hier auf diese rein morphologischen Verhältnisse und verweisen, hinsichtlich der Biologie und der Kulturmethode auf den eigens den Bakterien gewidmeten Band. Jedoch müssen wir hier noch einer kleinen, wenig bekannten Gruppe gedenken, die sich an die Bakterien anschließt, nämlich der Myxobakterien, die ihren Namen daher haben, daß die höher entwickelten, hierher gehörigen Formen ähnliche Fruchtbildungen wie die Myxomyzeten (s. folgendes Kapitel) zeigen. Im ursprünglichen Zustande sind sie freibewegliche, nach Art der Bakterien sich teilende Stäbchen. Die Stäbchen bilden aber Kolonien und scheiden eine schleimige Grundsubstanz aus, mit deren Hilfe dann verschiedenartige Fruchtkörper entstehen. Bei Myxococcus, der niedersten Form, ist die Frucht ein rundlicher, von Membran umschlossener, ca. 1 mm großer Körper, in dem der größte Teil der Stäbchen sich in Sporen umwandelt. Bei Chondromyces, der höchst entwickelten Form, bilden sich schimmelpilzartig verzweigte Fruchtkörper, und an ihnen Zysten, die eine Menge unveränderter Stäbchen einschließen, wenn die Zysten reif sind, fallen sie ab, platzen und entlassen die Stäbchen (vergl. Fig. 28). Man findet die noch wenig bekannten Myxobakterien besonders auf den Exkrementen verschiedener Tiere, aber auch parasitisch auf anderen niederen Pflanzen. Trotz der äußeren Ähnlichkeit mit den Myxomyzeten sind sie wahrscheinlich nicht mit diesen, sondern mit den Schizomyzeten verwandt.

12. Kapitel.

Die Schleimpilze.

Während jedermann schon von den Bakterien gehört hat und wenigstens weiß, daß es winzige, einzellige Organismen sind, ist von den Schleimpilzen höchstens die Lohblüte allgemeiner bekannt; man kann sie zuweilen in den Gerbereien sehen wo sie auf der Lohe lebhaft orangegelbe, schleimige Massen bildet. Nicht selten aber findet man an altem Holz oder an abgefallenen Blättern im Walde kleinere solche schleimige Massen von weißer, gelber oder rötlicher Färbung, und dann hat man Schleimpilze vor sich. Will man wissen, welcher Art ein solcher Pilz angehört, so muß man die Masse mitnehmen und ihr Gelegenheit geben, sich zur Fruchtbildung zu entwickeln, denn nur in diesem Zustande kann man sie mit Sicherheit bestimmen. Die Früchte sind ebenso eigenartig und zum Teil zierlich, wie die vegetativen Zustände formlos und unbestimmt sind. In den Früchten entstehen zahlreiche Sporen, und daran gerade erkennt man, daß es sich um wirkliche pflanzliche Organismen handelt, denn im vegetativen Leben zeigen die Schleimpilze viel Anklang an niedere Tiere, an die Rhizopoden, Heliozoen, Myxo- und Sarcosporidien, sie sind darum auch Pilztiere oder Mycetozoen genannt worden; der Botaniker nennt sie Myxomyceten.

Da die Sporenbildung die Entwicklung abschließt, so gehen wir am besten von der Spore aus und halten uns dabei an die größte und charakteristischeste Gruppe der Schleimpilze, die Myxogasteres. Bei genügender Feuchtigkeit und Wärme schlüpft aus der Sporenhaut der Inhalt als eine nackte Plasmamasse heraus, die sich in eine flagellatenartige Zelle verwandelt, indem sie an dem vorderen Ende des länglichen Körpers eine Geißel bekommt, also zur Schwärmspore wird. (Fig. 29, III.) Diese kann aber auch nach Art der Amöben ihre Gestalt verändern und bewegt sich hüpfend und kriechend umher, sie kann sich auch teilen, also schon in diesem Zustande zur Vermehrung beitragen. Nach einiger Zeit schwindet die Geißel und die Schwärmspore wird zur richtigen Amöbe, die durch Formänderung ihres Körpers herumkriecht (Fig. 29, IV, V). Auch diese Amöben können sich durch Teilung vermehren, sie können sich ferner auch einkapseln, sog. Mikrozysten bilden, aus denen bei der Keimung wieder eine Amöbe entsteht. Bei normaler Entwickelung aber verschmelzen

mehrere Amöben miteinander (Fig. 29, VI), und immer neue gesellen sich dazu, so daß eine größere Plasmamasse, ein sog. Plasmodium entsteht, und das ist der oben bezeichnete Zustand, in dem die Lohblüte oder andere Schleimpilze uns bisweilen so auffällig entgegentreten. Es ist also eine Art von Kolonie, und diese besteht aus einer kleineren oder größeren Masse von reinem Protoplasma, in dem wir eine äußere und innere Schicht und eine große Menge von Zellkernen unterscheiden können. Häufig wird ein Netzwerk mit größeren oder kleineren Maschen gebildet, und in den Strängen zwischen den Maschen sehen wir unter dem Mikroskop eine lebhafte Plasmaströmung, die dahin gerichtet ist, wohin sich die Plasmamasse fortbewegt (Fig. 29, VII). Dabei reagiert das Plasmodium stark auf äußere Reize: kriecht von der kühleren nach der wärmeren, von der trockenen zur feuchten, von der belichteten zur dunklen Seite. Auch das Plasmodium kann sich einkapseln, sog. Makrozysten bilden, die bei der Keimung ein Plasmodium entlassen. Nach gewisser Zeit, die teils durch innere, teils durch äußere Umstände bestimmt wird, sammelt sich das Plasmodium an der Oberfläche zu einem dichten Ballen an und wandelt sich in die Sporenfrucht um. Dabei ist das wesentliche, daß die Kerne sich mit Plasma und Membran umgeben, während andere Teile des Plasmas sich in eine feste Unterlage und eine feste, gemeinsame Hülle umwandeln. Bei manchen bildet sich außerdem noch ein Netzwerk oder eine

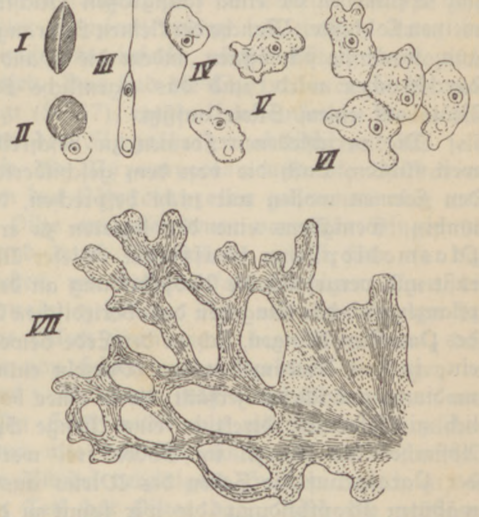


Fig. 29. Entwickelung eines Schleimpilzes (nach Strasburger) I. Die Spore. II. Die Spore keimt. III. Die Schwärmspore, die aus der ruhenden Spore herausgeschlüpft ist. IV. Die Schwärmspore wird zur Amöbe. V. Zwei Amöben. VI. Vier Amöben treten zu einem Plasmodium zusammen. VII. Stück eines größeren Plasmodiums.

Masse einzelner Fasern zwischen den Sporen aus; dieses sog. Kapillitium dient zur Zerstreuung der Sporen und ist bei manchen an eine feste Mittelsäule angeheftet. Nur die Sporen sind wirkliche Zellen, die anderen Gebilde sind nicht zelliger Natur, sondern bloße Ausscheidungen oder Umwandelungen des Protoplasmas. Gewöhnlich entstehen mehrere Sporangien neben einander, bei manchen Arten verschmelzen sie auch mit einander, und so entstehen die etwa faustgroßen Fruchtkörper bei unserer gemeinen Lohblüte. Manche der kleinen Sporangien sehen sehr zierlich aus, wenn sie sich öffnen, indem die Wand netz- oder gitterartig durchbrochen wird, und das eigentliche Sporangium wie eine Blüte auf einem Stiele aufsitzt.

Die verschiedenen Formen zu beschreiben, würde uns zu weit führen, auch die von dem geschilderten Typus abweichenden Formen wollen wir nicht besprechen, doch können wir nicht umhin, wenigstens eine der letzteren zu erwähnen, nämlich die Plasmodiophora brassicae. Dieser Myxomycet ist ein Parasit und verursacht die Kropfbildung an den Wurzeln der Kohlpflanzen und das Eingehen der oberirdischen Teile. Die Schwärmer des Parasiten dringen, sich in der Erde bewegend, in die Wurzeln ein; in den Rindenzellen der Wurzeln entwickelt sich das Plasmodium, und dieses zerfällt, da es einer besonderen Hülle natürlich nicht bedarf, direkt in eine Menge Sporen, die mit dem Absterben der Wurzel im Boden frei werden. Der Reiz, den der Parasit auf die Zellen des Wirtes ausübt, führt zu der erwähnten Kropfbildung, die wir somit zu den Pilzgallen rechnen können. Im Ganzen unterscheidet man etwa 450 Arten von Myxomyceten, die meisten davon sind aus den gemäßigten Gebieten der Erde bekannt.

13. Kapitel.

Die eigentlichen Pilze im Allgemeinen.

Nachdem wir nun die Bakterien und Schleimpilze ausgeschieden haben, bilden die übrigbleibenden Pilze insofern eine einheitliche Gruppe, als es möglich ist, sie alle von einem Stamme abzuleiten.

Als die ursprünglichsten dürfen wir wohl die Pilze betrachten, die den sog. Wasserschimmel auf toten Insekten, lebenden Fischen u. a. bilden, denn sie haben noch große Ähnlichkeit

mit gewissen Algen, die wir im 7. Kapitel als Siphoneen kennen gelernt haben. Auch sie bilden fadenförmige, nicht durch Querwände gegliederte, aber verzweigte Schläuche, auch bei ihnen erfolgt die Fortpflanzung durch Schwärmsporen oder durch Eier, die befruchtet werden. Dieser einfache ungegliederte Bau der Pilzfäden oder Hyphen erhält sich bei noch mehreren anderen Pilzfamilien, und alle diese werden zusammengefaßt unter dem Namen Phycomyzeten (Algenpilze). Eine kleine Gruppe zeigt sich sogar noch weiter reduziert, indem bei einigen Arten der ganze Körper nur durch eine einfache, abgerundete, mikroskopische Zelle repräsentiert wird. Das sind die Chytridiaceen, die man wie schon oben gesagt (S. 57), wegen ihres einfachen Baues vielleicht auch direkt von den Flagellaten ableiten und als selbständige Gruppe wie die Myxomyzeten und die Bakterien betrachten kann. Von den Phycomyzeten gehen nun aber auch die höher stehenden Pilze aus, bei denen vor allen Dingen die Hyphen gegliedert und durch Querwände geteilt sind, so daß normale Zellen entstehen, wie bei den fadenförmigen Algen, die nicht zu den Siphoneen gehören. Den aus den Hyphen bestehenden Körper des Pilzes nennt man das Myzelium, das gewöhnlich in Form von feineren oder derberen Strängen erscheint. Man sieht es z. B., wenn man einen Champignon aus der Erde hebt, dessen Stiel unten wie mit feinen Würzelchen besetzt ist. Man kann also das Myzelium als die Gesamtheit der in Stränge oder Bündel vereinigten Hyphen bezeichnen, es stellt den vegetativen Teil des Pilzes dar. Auch die größeren Fruchtkörper der Pilze setzen sich aus solchen Hyphen zusammen. Hierin unterscheiden sich die Pilzkörper im Aufbau wesentlich von den Körpern der höheren Pflanzen, denn sie bestehen aus einem wirklichen Gewebe, d. h. aus verflochtenen Fäden, wie wir es sonst noch bei manchen Meeresalgen finden. Weil also dieser fädige Aufbau überall zugrunde liegt, nennen wir die eigentlichen Pilze Fadenpilze. Auch ist ihr vegetativer Körper (Myzelium) immer mehr oder weniger fadenförmig, denn der Champignon oder die Trüffel sind nicht der eigentliche Pilz, sondern nur die Fruchtkörper des auch hier fadenförmigen Myzeliums. Dieses entspricht also äußerlich dem Wurzelsystem der höheren Pflanzen, und dieser Umstand ist auch leicht aus der Lebensweise verständlich: er geht in letzter Linie auf das Fehlen des Chlorophylls zurück. Die Blätter der höheren Pflanzen

nämlich sind die Träger des Chlorophylls und bieten es dem Lichte zum Zwecke der Assimilation in großer Fläche dar, um aus der Kohlensäure der Luft und dem Wasser organische Stoffe zu bereiten; die Stengel wiederum dienen wesentlich dazu, die Blätter zu tragen. Wenn also diese Zwecke bei den Pilzen fehlen, so fehlen auch die Organe dafür, und es bleibt nur das Wurzelsystem übrig, aus dem direkt die Träger der Fortpflanzungsorgane entspringen, wie es auch bei manchen parasitischen Blütenpflanzen, z. B. der berühmten Rafflesia, der Fall ist.

Das Myzelium der größeren Pilze oder Schwämme durchzieht in reicher Verzweigung die Humusschicht des Bodens und benutzt alle pflanzlichen Reste, die darin vorhanden sind. Die Parasiten durchsetzen ihren Wirt oder senden wenigstens Saugorgane in seinen Körper hinein. Bei pflanzenbewohnenden Pilzen drängen sich die Hyphen zwischen den Zellen der Wirtspflanze hindurch, so daß sie in engste Berührung mit ihnen kommen, und die Nährstoffe aus den Zellen in die Hyphen ebenso gut übergehen können, wie von Zelle zu Zelle in der Wirtspflanze selbst. Ja manche begnügen sich damit nicht, sondern treiben noch von den zwischen den Zellen verlaufenden Fäden Büschel von Hyphen in einzelne Zellen hinein, um so noch direkter die Nahrung aufzusaugen, wie es z. B. bei Peronospora geschieht. Immer aber beruht der Vorgang der Nahrungsübertragung auf der Diffusion flüssiger Stoffe durch die Membran hindurch, ein direkter Übergang ungelöster Stoffe aus dem Substrat in die Pilzhyphe findet ebenso wenig statt, wie bei der Nahrungsaufnahme der Wurzeln.

Wie schon erwähnt, entspringen dem wurzelähnlichen Myzelium direkt die Organe der Fortpflanzung, die wesentlich anders beschaffen sind, als wir sie bei den Algen gefunden haben. Zur Erklärung dieser Modifikation kommen besonders zwei Umstände in Betracht, nämlich das Medium, in dem die Pilze leben, und ihre Ernährungsweise. Nur viele Chytridiaceen und die Wasserschimmelpilze leben noch im Wasser, bei den anderen ist die Luft das Medium, in dem sie ihre Fortpflanzungsorgane zu entfalten pflegen, wie es die höheren Pflanzen tun: deshalb hört damit die Bildung von Schwärmsporen auf, die sich natürlich nur im Wasser bewegen können, in der Luft aber vertrocknen müßten. Es werden also unbewegliche, mit derber Haut umgebene Sporen gebildet, die Austrocknung vertragen können und besonders durch

die Luftströmungen, seltener durch Tiere verbreitet werden. Der andere Umstand, der bei der Fortpflanzung eine Rolle spielt, ist die saprophytische oder parasitische Lebensweise, die, wie auch die Erfahrung an Blütenpflanzen zeigt, die Entwicklung der sexuellen Fortpflanzungsorgane beeinträchtigt. Diese also werden bei den Pilzen reduziert, und die Sporenbildung findet vorwiegend auf ungeschlechtlichem Wege statt: daß in manchen Fällen der Sporenproduktion ein Sexualakt vorausgeht, soll nebst einigen anderen hierher gehörigen Punkten in einem besonderen Kapitel besprochen werden. Hier sei zunächst betont, daß bei der Entstehung der Sporen besonders zwei Bildungsweisen zu unterscheiden sind: die endogene und die exogene. Bei der ersteren entstehen im Inneren einer mehr oder weniger vergrößerten Zelle die Sporen in größerer oder geringerer Anzahl und können natürlich nur durch Zerreißen der sie umschließenden Membran des Sporangiums frei werden. Diese Bildungsweise kommt vor bei den zu den Phycomyzeten gehörenden Mucoraceen und bei der großen Abteilung der höheren Pilze, die in einem als Schlauch oder Ascus bezeichneten Sporangium typisch 8 Sporen bilden und danach Schlauchpilze oder Ascomyzeten genannt werden (Fig. 30). Bei der exogenen Sporenbildung gliedern sich die Enden von Hyphen als Sporen ab, was in verschiedener Weise geschehen kann. Gewöhnlich sind hier besondere Sporenträger ausgebildet, die einfach oder verzweigt sind und an deren Ende die Sporen einzeln oder reihenweise abgeschnürt werden (Fig. 31). Beispiele dafür werden wir später bei den Schimmelpilzen und Parasiten kennen lernen. Von den höheren Pilzen bildet eine große Abteilung typisch 4 Sporen auf den Enden von 4 Stielchen, die einer gemein-

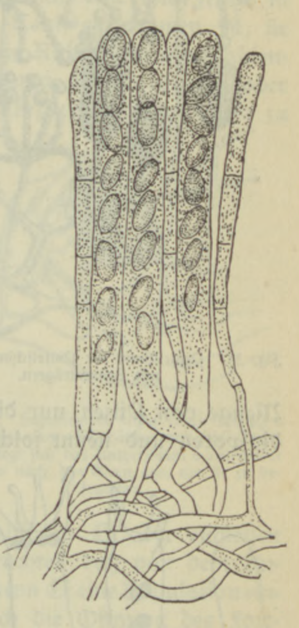


Fig. 30. 3 Schläuche mit je 8 Sporen, 3 Paraphysen oder Nebenfäden (300 × vergrößert.)

samen schlauchförmigen Zelle aufsitzen: man nennt die letztere Basidie und darnach die ganze Gruppe *Basidiomyzeten.* (Fig. 32). *Asco-* und *Basidiomyzeten* sind also die beiden Hauptabteilungen der höheren Pilze, und ihre typische Sporenbildung geschieht bei jenen endogen mit 8 Sporen in einen Schlauch, bei diesen exogen mit je 4 Sporen auf einer Basidie. Daneben aber kommen, besonders bei den *Ascomyzeten*, noch andere Arten der Sporenbildung vor, sog. Nebenfruktifikationen und diese Sporen, die immer exogen gebildet werden, heißen, zum Unterschied von anderen, Conidien. Schließlich kennt man bei einer großen Menge von Pilzen nur die Conidien, nicht die Asco- oder Basidiosporen und nennt solche Pilze unvollständige. Hier möge dieses allgemeine Übersichtsbild genügen, da wir später noch das genauere an einzelnen Beispielen kennen lernen werden.



Fig. 31. Penicillium, der Pinselschimmel, Hyphen mit Sporenträgern.

Fig. 32. Bildung der Basidiosporen. I. Junge Basidie mit einem Kern. II. Die Basidie treibt oben die Sterigmen, der Kern hat sich in vier geteilt. III. Anlage der Sporen am Ende der Sterigmen. IV. Die 4 Kerne sind in die 4 jungen Sporen eingewandert. V. Oberer Teil der Basidie mit den 4 reifen Sporen.

14. Kapitel.

Die Schimmelpilze.

Unter Schimmel verstehen wir einen weißen oder fahlen, fellartigen Überzug auf irgend einem Gegenstand. Jedermann kennt diese Sache aus Erfahrung und weiß, daß es sich um

Pilze dabei handelt. Daß es verschiedene Schimmelpilze gibt, geht schon aus dem verschiedenen Aussehen des Schimmels hervor, für den Botaniker sind es aber auch ganz verschiedene Familien unter den Pilzen, deren Vertreter sich an der Schimmelbildung beteiligen.

Schon im vorigen Kapitel wurde der Wasserschimmel erwähnt. Man erhält ihn leicht, wenn man eine tote Fliege in Wasser wirft, das einem Graben oder Teich entnommen ist, sie bedeckt sich dann mit weißen, nach allen Richtungen ausstrahlenden Fäden. Der Pilz gehört der Gattung Saprolegnia oder Achlya aus der Familie der Saprolegniaceen an, die zu den Algenpilzen gehören. Die Endstücke der Schläuche gliedern sich als Sporangien ab, und ihr Inhalt liefert eine Menge Schwärmsporen, die sich auf anderen Fliegen oder sonstwo festsetzen und zu einem neuen Mycelium auswachsen. Zu gewissen Zeiten entstehen statt der ungeschlechtlichen Schwärmsporen die Geschlechtsorgane, indem einzelne Fadenenden zu Eibehältern anschwellen und andere Fäden sich als Antheridien an erstere anlegen (Fig. 33). Im Eibehälter entsteht ein Ei oder entstehen mehrere Eier; sie werden dadurch befruchtet, daß von dem Antheridium sich ein Fortsatz bildet, der mit einem Ei eine Kopulation eingeht, worauf der männliche Kern durch die Öffnung des Fortsatzes an der Spitze in das Ei hinüberwandert. Aber hier tritt nun schon die Reduktion in der Sexualität deutlich hervor; bei gewissen Arten bleibt der Fortsatz geschlossen, ja bei manchen tritt gar kein Antheridienschlauch an das Oogonium heran, und die Eier werden doch zu reifen Oosporen. Zu den Wasserschimmeln gehört auch der bekannte, gefährliche Pilz, der eine Fischpest verursachen kann und sich manchmal in Goldfischgläsern einstellt: wir verstehen nun, wie leicht durch die Schwärmsporen die Ansteckung von Fisch zu Fisch erfolgen kann.

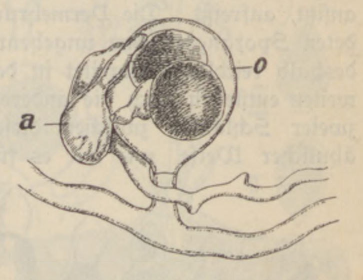


Fig. 33. Saprolegnia mixta (nach Klebs.) o das Oogonium (Eibehälter) mit zwei Eiern, daran legt sich das Antheridium a und sendet Fortsätze nach den Eiern aus, um sie zu befruchten.

Ebenfalls zu den Algenpilzen aber in eine andere Familie, nämlich zu den Mucoraceen gehört der bekannte Köpfchenschimmel (Arten von Mucor), der im Anfang rein weiß aus-

sieht, wenn er sich aber mit den schwarzen Sporenfrüchten bedeckt, eine dunkle Farbe annimmt. Von den das Substrat durch- und überziehenden Hyphen erheben sich einzelne Fäden, deren Ende kugelig anschwillt und durch eine Querwand abgegliedert wird. Diese stülpt sich fingerartig in die kugelige Endzelle hinein und bildet eine sog. Columella (Säulchen). Das Protoplasma zwischen Columella und äußerer Wand zerklüftet sich in immer kleinere Teile, bis schließlich die zahlreichen Sporen mit ihrer dunkeln Membran gebildet sind. Sie werden frei, indem die Sporangienwand unten, wo sie der Columella ansitzt, aufreißt. Die Vermehrung ist bei der Masse der gebildeten Sporangien eine ungeheure, und Mucorsporen finden sich deshalb reichlich verbreitet in der Luft bewohnter Räume. Zuweilen entstehen auch die anderen Sporen, die durch Copulation zweier Schläuche zwischen diesen beiden gebildet werden, in ähnlicher Weise, wie wir es für gewisse Konjugaten kennen gelernt haben (vgl. S. 18). Diese Zygosporen entstehen bei Mucor nur, wenn die Fäden einer männlichen mit denen einer weiblichen Pflanze aufeinandertreffen, während bei nahe verwandten Gattungen die Hyphen derselben Pflanze kopulieren und Sporen bilden können. Diese Zygosporen sind das Kennzeichen der Mucoraceen, denn die anderen Sporen werden teils in Sporangien, wie bei Mucor, teils äußerlich auf verzweigten Trägern gebildet.

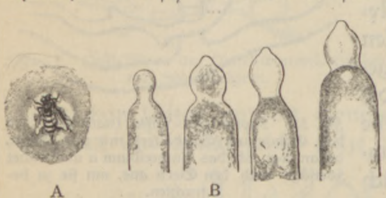


Fig. 34. Empusa muscae.
A. Eine vom Pilz getötete Stubenfliege von einem Hof abgeschleuderter Sporen umgeben. B. Verschiedene Entwickelungsstadien der Sporen an den aus dem Fliegenleibe hervortretenden Pilzfäden (stark vergrößert. Aus Giesenhagen, Befruchtung und Vererbung im Pflanzenreiche.

Nahe verwandt mit den Mucoraceen ist auch der Fliegenschimmel, Empusa muscae, der Erreger der schon von Goethe beschriebenen Krankheit der Stubenfliege, aus der Familie der Entomophthoraceen (Fig. 34).

Als eine Schimmelbildung können wir ferner auffassen den falschen Mehltau der Rebe, Plasmopara viticola, denn bei dieser die Weinberge verheerenden Krankheit tritt ein weißer Schimmel teils auf den unreifen Beeren selbst teils auf der Unterseite der Blätter auf, die dann abfallen (Blattfallkrankheit). Die Hyphen durchziehen das Gewebe der Beere oder des

Blattes und senden, wie oben (S. 66) erwähnt, Saugfortsätze in die Zelle hinein. Ihre Fruchtträger treten durch eine Spaltöffnung in der Oberhaut nach außen, verzweigen sich hier bäumchenförmig und schnüren an jedem Astende eine große Spore von eiförmiger Gestalt ab (Fig. 35). Aus der abgeworfenen Spore geht entweder ein Keimfaden oder eine Anzahl Schwärmsporen hervor, letzteres ist interessant, insofern wir hier das letzte Auftreten der Schwärmsporen bei Pilzen und zwar nur noch als einen Keimungsprozeß der eigentlichen Spore konstatieren können. Auch die Kartoffelkrankheit (Phytophthora infestans) wird wie der falsche Mehltau durch einen Pilz aus der Familie der Peronosporeen verursacht, und ist wie jener aus Amerika nach Europa importiert worden, die Schimmelbildung tritt auf den Blättern auf, die dabei braune Flecke bekommen. Bei den Peronosporeen sind die immer im Innern der befallenen Pflanzen gebildeten Geschlechtsorgane ähnlich wie bei den Saprolegniaceen gebaut, aber stets ist nur ein Ei im Oogonium vorhanden, das durch einen Antheridienschlauch befruchtet wird (Fig. 35). Spermatozoidien werden überhaupt nur noch bei einer sehr kleinen Familie der Algenpilze gebildet, nämlich bei den Monoblepharideen, die ebenfalls eine Art Wasserschimmel auf pflanzlichen Überresten bilden.

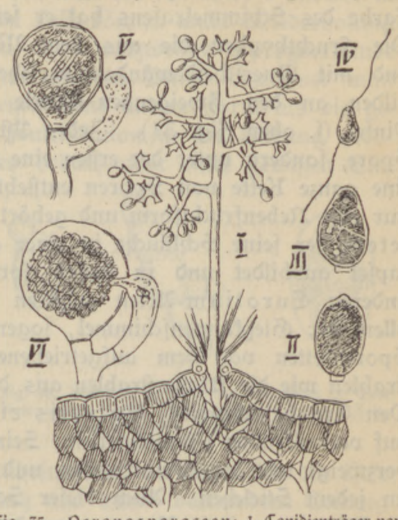


Fig. 35. Peronosporaceen: I. Conidienträger von Plasmopara viticola, dem falschen Mehltau der Rebe. Ein Bündel von Hyphen tritt aus einer Spaltöffnung der Weinbeere heraus, deren Zellen dunkel gehalten sind, und zwischan deren Zellen die Hyphen auch sichtbar sind; nur ein Conidienträger ist vollständig gezeichnet, die von ihm gebildeten Conidien sind meistens abgefallen. II. Eine einzelne Conidie stärker vergr. III. Der Inhalt der Conidie teilt sich in mehrere Zellen, die Conidie wird zum Sporangium. IV. Eine Schwärmspore, die aus dem Sporangium ausgetreten ist. V. Oogonium und Antheridium von Pythium gracile. VI. Das Ei im Oogonium wird durch den Fortsatz des Antheridiums befruchtet. (Nach De Bary und Millardet.)

Alle bisher erwähnten Schimmelpilze sind Phycomyzeten,

es gibt aber auch unter den höheren Pilzen verschiedene schimmelbildende Formen, von denen wir nur einige wenige erwähnen wollen. Als erster ist der gemeine Pinselschimmel, Penicillium glaucum, zu erwähnen, denn er ist der häufigste Schimmel auf unseren Nahrungsmitteln, von der bekannten blaugrünen Farbe des Schimmelrasens hat er seinen lateinischen Beinamen. Die Fruchthyphen die aus dem Mycelium aufwärts wachsen, sind mit Querscheidewänden versehen, gabelig verzweigt und bilden an den Zweigenden Quirle aufrechter Äste, wie kleine Pinsel (s. oben Fig. 31). Jedes Ästchen erzeugt nicht nur eine Spore, sondern unter der ersten eine zweite, dritte u. s. f., sodaß eine ganze Kette von Sporen entsteht. Dieser Schimmel ist aber nur eine Nebenfruchtform und gehört zu einem echten Ascomyzeten, der seine Schläuche in einer geschlossenen kleinen Fruchtkapsel ausbildet und in dieser Form Eurotium heißt. Zu anderen Eurotium-Arten gehören andere Schimmelpilze, vor allem der Gießkannenschimmel, sogenannt, weil die zahlreichen Sporenketten von dem aufgetriebenen Ende des Trägers ausstrahlen wie die Wasserstrahlen aus der Brause einer Gießkanne. Den Traubenschimmel, Botrytis cinerea, findet man häufig auf verwelkenden Pflanzenteilen. Seine Fruchtträger sind ähnlich verzweigt wie die Weintrauben und bilden die Sporen einzeln an jedem Stielchen. Auch dieser Schimmel gehört als Nebenfruchtform zu einem Ascomyzeten, der Peziza Fuckeliana heißt und seine Schlauchfrüchte in Gestalt kleiner gestielter Schlüsselchen ausbildet. Diese wiederum entstehen aus schwarzen Knöllchen, die sich während des Winters in den vorher vom Traubenschimmel befallenen Pflanzenteilen entwickeln. Schon aus diesen wenigen Beispielen, die wir noch durch zahllose andere vermehren könnten, sehen wir, daß die Schimmelpilze keine Familie im Sinne der Systematik bilden, daß sie auch in der Lebensweise sich insofern verschieden verhalten, als sie teils auf toten Substanzen leben, teils Parasiten sind, und daß sie nur durch ihre Ähnlichkeit in ihrer äußeren Erscheinung in eine Gruppe zusammengefaßt werden können.

15. Kapitel.

Die Hefepilze und niederen Ascomyzeten.

Die Bezeichnung Hefe- oder Sproßpilze ist in gewissem Sinne ebenso allgemein, wie die der Schimmelpilze, indem das

Wort im weiteren Sinne nur eine Wachstumsform bezeichnet, in der sehr verschiedenartige Pilze auftreten können: kleine, rundlich-eiförmige Zellen, aus denen zuerst knöpfchenförmig die Anlage der neuen Zelle heraustritt, worauf diese zur Größe der Mutterzelle heranwächst und sich von ihr trennt oder mit ihr in Verbindung bleibt, im letzteren Falle können unter Wiederholung des Vorganges kurze Ketten oder verzweigte Sproßverbände entstehen. (Fig. 36, I, II). Im engeren Sinne bezeichnet man als Hefe solche Pilze, bei denen keine andere Form als die geschilderte auftritt und deren Fruktifikation in der Bildung endogener Sporen besteht. Beides bedarf aber einer gewissen Einschränkung: nämlich auch bei echten Hefepilzen werden die Zellen manchmal zylindrisch nnd langgestreckt, so daß hyphenartige Gebilde zustande kommen, und was die Sporenbildung betrifft, so ist sie nur bei einigen Arten bekannt und erfolgt nur unter besonderen Umständen. Für



Fig. 36. Bierhefe. 1. Zelle mit Sprossung. 2. Eine Kolonie von Zellen. (800 × vergr.) 3. Eine Zelle mit 4 Sporen. (1000 × vergr.)

gewöhnlich, bei günstigem Nährsubstrat, vermehrt sich die Hefe durch die geschilderte Sprossung und damit verbundene Teilung außerordentlich stark, die Sporen aber entstehen bei mangelhafter Ernährung, Luftzutritt und höherer Temperatur zu 2, 3, 4, höchstens 8 in einer Zelle, indem der Kern sich teilt und die neuen Kerne sich mit Plasma und Membran umgeben. (Fig. 36, III). Die frei gewordenen Sporen keimen, indem sie hefeartige Zellen liefern. Bei einigen Arten hat man gefunden, daß der Sporenbildung eine Kopulation zweier Zellen mit Kernverschmelzung, also ein Sexualprozeß vorausgeht, und dies ist eine sehr bemerkenswerte Erscheinung.

Das ist aber auch ziemlich alles, was wir von der Gestalt und Entwickelung der Hefe zu sagen haben. Um so wichtiger sind ihre Lebenserscheinungen, vor allem ihre Fähigkeit, zuckerhaltige Flüssigkeiten zu vergären, d. h. unter der Entwickelung von Alkohol und Kohlensäure zu zersetzen. Dieser Prozeß findet statt, wenn die Weintrauben, Äpfel oder andere Früchte gekeltert sind, und der süße Most in den Wein übergeht. Die Hefe kommt mit den Früchten in die Flüssigkeit; man nennt sie

deshalb Naturhefe, während bei der Bierbereitung die Hefe dem Malz zugesetzt werden muß, als sog. Kunsthefe. Aus den Brauereien, wo die Hefe im Großen gezüchtet wird, erhält man sie auch, gewöhnlich im zusammengepreßten, trockenen Zustande, als Preßhefe für die Bäckereien, denn auch bei der Gärung des Brotteiges und ähnlicher Prozesse ist die Hefe, beim Schwarzbrot in Verbindung mit den Bakterien, beteiligt. Wie schon erwähnt, kommt bei der Weinbereitung die Hefe mit den Früchten in die zu vergärende Masse, sie findet sich also in der Natur auf diesen Früchten, wo sie vegetiert und sich vermehrt. Da aber die Früchte nur kurze Zeit während des Jahres der Hefe als günstiges Substrat zu Gebote stehen, so muß sie noch einen anderen Aufenthalt haben, und das ist der Erdboden, besonders an solchen Stellen, wo Feuchtigkeit mit darin gelösten organischen Stoffen vorhanden ist. Wenn nun der Boden austrocknet, wird die ebenfalls ausgetrocknete, dabei aber nicht getötete Hefe durch den Wind mit dem Staub emporgewirbelt und gelangt so auf die Früchte der Bäume und Sträucher. Der aus den Früchten ausgepreßte Saft enthält den Zucker, der in der oben angegebenen Weise von der Hefe vergoren wird. Früher hatte man geglaubt, daß die Gärung nur durch die lebendigen Hefezellen bewirkt werden könne, neuerdings aber ist durch Buchner nachgewiesen worden, daß zur Gärung nur das von den Hefezellen erzeugte, Zymase genannte, Ferment, nicht die lebendige Zelle notwendig ist.

Von der Gattung Saccharomyces, die die hier geschilderten Hefen umfaßt, unterscheidet man ungefähr 40 Arten, die nicht alle ganz sicher begrenzt sind, und die noch zu gewissen Untergattungen gruppiert werden. Die Gattung Saccharomyces repräsentiert die kleine Familie der Saccharomyzeten oder echten Hefepilze. Die Art der Sporenbildung verweist sie in die große Klasse der Ascomyzeten (vergl. S. 67), hier aber stehen sie auf einer niederen Stufe, weil sie vegetativ wenig entwickelt sind, und weil die Schläuche einzeln, nicht an bestimmten Stellen der Lagers gebildet werden. Immerhin aber gehören sie schon in diejenige Abteilung der Ascomyzeten, bei denen die Zahl der Sporen in einem Schlauche eine geringe und ziemlich fest bestimmt ist, 2—8, je nach den Arten. Auf der niedrigsten Stufe nämlich stehen unter den Ascomyzeten nach dem jetzt gebräuchlichen System die Formen, bei denen die Sporen in den

Schläuchen in großer und unbestimmter Zahl gebildet werden, wie sich das bei einigen sonst nicht bemerkenswerten Pilzen findet, die teils als schimmelartige Gewächse, teils als Parasiten in krautigen Pflanzen auftreten (s. u. Fig. 45). Diese kleine Gruppe wird daher als Halbascomyzeten (Hemiasceae) den echten Ascomyzeten mit typisch achtsporigen Schläuchen (Euasceae) gegenübergestellt. Die Saccharomyzeten gehören also zu den letzteren, aber hier wieder zu der niederen Abteilung, in der die Schläuche noch nicht in besonderen Fruchtkörpern vereinigt sind. Bei den Saccharomyzeten treten die Schläuche überhaupt ganz vereinzelt auf: es sind die ersten, einfachsten Formen unter den echten Ascomyzeten. Eine Stufe höher stehen die Formen, bei denen zwar auch noch keine wirklichen Fruchtkörper vorkommen, aber doch die Schläuche, dicht neben einander stehend, ein zusammenhängendes Lager bilden. Dies finden wir bei gewissen parasitischen Pilzen, die Exoasceae genannt werden, weil die Schläuche auf der Oberfläche der befallenen Pflanzenteile erscheinen (exo, griech. = außen). Zu ihnen gehören manche bekannte und interessante Parasiten, vor allem Exoascus Pruni, der die Hunger- oder Narrenzwetschen hervorbringt. Sein Mycelium wächst und überwintert auch in den Zweigen des Zwetschenbaumes und geht von da in die jungen Früchte über, die unter dem Einflusse des Pilzes keinen Steinkern bilden, lang und flach werden und kein süßes Fleisch bekommen; im Sommer ist ihre Oberfläche mit einem feinen Flaum überzogen, und dieser besteht eben aus dem Lager der Sporenschläuche, die ähnlich aussehen, wie die in Fig. 30 abgebildeten. Auch mehrere andere Arten der Gattung Exoascus bewirken solche eigentümliche Deformationen der von ihnen befallenen Pflanzenteile, sogen. Pilzgallen. An die geschilderten Hungerzwetschen erinnern die lappigen Auswüchse der Erlenzäpfchen, die von Exoascus alni befallen sind. Eine andere Art (E. deformans) bewirkt auf den Pfirsichbäumen die sog. Kräuselkrankheit, bei der die Blätter sich kräuseln; auf den Birken schließlich entstehen Hexenbesen unter dem Einfluß von Exoascus betulinus. Dies möge zur Charakterisierung der niederen Ascomyzeten genügen. Von der Fruchtbildung der höheren Ascomyzeten werden wir in den nächsten Kapiteln noch Beispiele kennen lernen.

16. Kapitel.

Die Schwämme.

Weil manche Pilze, wie die Steinpilze und Boviste, in ihrer Konsistenz an einen feuchten oder trockenen Schwamm erinnern, bezeichnet man wohl die größeren Pilze, die auf dem Boden des Waldes, des Feldes und der Wiese, zum Teil auch unter der Erde oder an Bäumen wachsen, mit dem Ausdruck „Schwämme". Von diesen größeren Gebilden, die auch dem Unkundigen in die Augen fallen, soll in diesem Kapitel die Rede sein; und es sollen die wichtigsten Gruppen, die dabei in Betracht kommen, an einigen Beispielen erläutert werden. Vor allem aber müssen wir uns daran erinnern, daß diese „Schwämme" nur die Fruchtkörper eines Myceliums sind, das im Boden oder Holz verborgen wächst. Nach der Fruktifikation gehören sie teils zu den Ascomyzeten, teis zu den Basidiomyzeten, und in diesen beiden Reihen findet sich eine merkwürdige Ähnlichkeit in der äußeren Form: Hutpilze, Keulenpilze und knollenförmige Pilze treten in der einen wie in der anderen Reihe auf.

Als Hutpilze, die Ascomyzeten sind, können die Morcheln, Lorcheln und ihre Verwandten bezeichnet werden. Der Hut einer Morchel z. B. ist vollständig überzogen von den Sporenschläuchen, die mit sterilen Fäden gemischt, senkrecht zur Oberfläche gestellt, ein dichtes Lager bilden, das man das Hymenium nennt. Das Hymenium überzieht also die Oberfläche des Hutes, während der Stiel nur aus sterilem Gewebe besteht. Auf die Unterscheidung der verschiedenen Arten der Morcheln und Lorcheln, der Erdzungen und anderer hierher gehöriger Pilze, können wir natürlich nicht eingehen, sondern müssen dafür auf die vielen, Pilzführer genannten Bücher verweisen (oben S. 3). Bemerkenswert ist, daß die Pilze dieser Gruppe vorwiegend im Frühjahr bei uns erscheinen. An sie schließen sich die Becherpilze an, bei denen, dem Namen entsprechend, der Fruchtkörper becher- und schalenförmig gestaltet ist, und das Hymenium die Innenfläche der Schale auskleidet. Die Peziza-Arten, die hierher gehören, wachsen auf der Erde und sind von bräunlicher, manchmal auch feuerroter Farbe. Nahe mit ihnen verwandt ist das auf den Wiesen nicht so seltene sog. Hasenohr, bei dem die Becherform durch stark ein-

seitige Entwickelung verändert worden ist. Hierher gehören auch die fast schwarzen, dickfleischigen, schalenförmigen Körper, die man häufig an gefälltem Holz im Walde findet (Bulgaria inquinans).

Dieser Gruppe mit freiliegendem Hymenium (Discomyzeten) steht eine andere gegenüber, bei der das Hymenium ganz im Fruchtkörper eingeschlossen ist und in den meisten Fällen die Wände von Kammern überzieht, die in der fleischigen

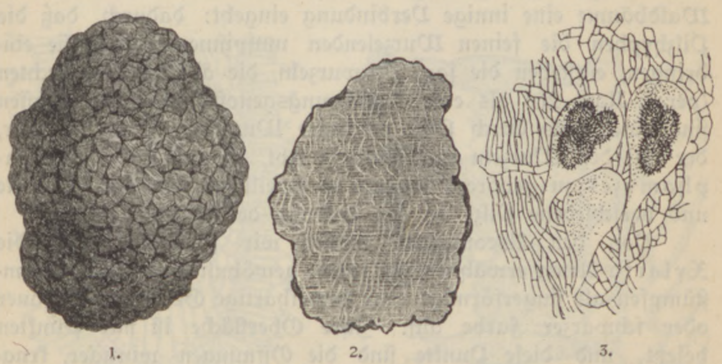


Fig. 37. Trüffel. 1. von außen, 2. im Durchschnitt (nat. Gr.), 3. 3 Schläuche, von denen 2 je 4 Sporen enthalten. (450 × vergr.).

Masse des Fruchtkörpers ausgebildet sind. Hierher gehören die Trüffeln und ihre Verwandten (Fig. 37). Bekanntlich entwickeln sich die Trüffeln unter der Erde, manchmal zwar so, daß sie die Erde etwas über sich emporheben, gewöhnlich aber von außen nicht bemerkbar. Gewiß sind die Trüffeln nicht so selten als es scheint, aber durch ihr verstecktes Vorkommen sind sie schwer aufzufinden und man läßt deshalb die eßbaren Trüffeln durch abgerichtete Hunde oder Schweine, die den feinen Duft der Trüffel durch die Erde wittern, aufspüren. Durchschneidet man eine echte Trüffel, so zeigt die Schnittfläche ein marmoriertes Aussehen, und dieses wird durch die unregelmäßig gewundenen Kammern, in denen die Sporenschläuche liegen, bewirkt. Diese Schläuche haben hier eine mehr kugelige Form und enthalten gewöhnlich nicht 8, sondern nur 4, oft noch weniger Sporen (Fig. 37, 3). An der Beschaffenheit dieser Sporen, besonders an der Zeichnung auf der Sporenhaut, kann man die

Arten der echten Trüffeln ziemlich leicht von einander unterscheiden. Diese Arten gehören meistens der Gattung Tuber an, wonach die Familie Tuberaceen heißt, aber auch andere Gattungen dieser Familie liefern eßbare Trüffeln. Entfernter verwandt ist mit ihnen die sog. Hirschtrüffel (Elaphomyzes), die von den Menschen nicht gegessen wird und sich im Bau der Früchte und der Sporen von den Tuberaceen unterscheidet. Wir erwähnen sie besonders deswegen, weil es von ihr zum ersten Mal nachgewiesen ist, daß ihr Mycelium mit den Wurzeln der Waldbäume eine innige Verbindung eingeht: dadurch, daß die Pilzhyphen die feinen Wurzelenden umspinnen und in sie eindringen, entstehen die sog. Pilzwurzeln, die ähnlich den Flechten (vergl. Kap. 20) als eine Ernährungsgenossenschaft aufzufassen sind, nicht als durch Pilze erkrankte Wurzeln. Der Pilz aber, der mit den Wurzeln in Symbiose lebt, braucht nicht zu Elaphomyzes zu gehören, sondern es beteiligen sich offenbar viele und verschiedene Pilze an der Bildung der Pilzwurzeln.

Von den Ascomyzeten wollen wir schließlich noch die Xylaria-Arten erwähnen, sie treten gewöhnlich an alten Baumstümpfen als fingerförmige oder geweihartige Gebilde von grauer oder schwarzer Farbe auf. Ihre Oberfläche ist mit Punkten besetzt, und diese Punkte sind die Öffnungen winziger, krugförmiger Behälter, in denen die Schläuche entwickelt werden. Bei manchen Arten finden sich die Schlauchfrüchte nur im unteren Teile des Fruchtträgers, während oben Conidien gebildet werden, die die Oberfläche mit einem grauen Staub überziehen. Gerade diese letztgeschilderte Form trifft man im Walde häufig an den Stümpfen gefällter Bäume.

Viel zahlreicher sind die zur Abteilung der Basidiomyzeten gehörenden Schwämme, denn hierhin sind die meisten Hutpilze zu rechnen, die besonders im Herbst den Boden des Waldes mit bunten Farben schmücken. Man nimmt wohl mit Recht an, daß hier die bunten Farben dieselbe Bedeutung haben wie bei den Blumen und Früchten der höheren Pflanzen, nämlich Tiere anzulocken: diese sollen, wenn sie die Pilze verzehren, zur Verbreitung der Sporen beitragen, indem die letzteren am Körper des Tieres hängen bleiben oder verspeist und unverdaut wieder abgegeben werden. Bei den Hutpilzen, die also den Morcheln entsprechen würden, unterscheiden wir bekanntlich zwei Hauptgruppen: die Blätterpilze und die Röhr-

linge. Bei den ersteren (mit der großen Gattung Agaricus u. a.) überzieht das Hymenium, das hier aus Basidien und sterilen Fäden besteht, die Blätter oder Lamellen auf der Unterseite des Hutes (Fig. 38 I.); bei den Röhrlingen (Polyporus-, Boletus-Arten u. a.) dagegen kleidet es das Innere der Röhren aus. Im Gegensatz zu den Morcheln ist bei beiden die Oberseite des Hutes steril, nur bei den Keulenpilzen (Clavaria), die teils unverzweigt, teils reich verzweigt sind, wie der Hirsch- und Korallenschwamm, überzieht das Hymenium die Enden der

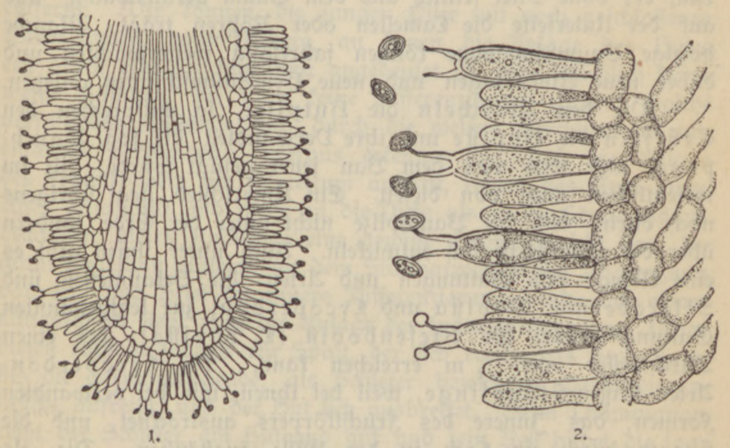


Fig. 38. Champignon. 1. Durchschnitt durch eine Lamelle, außen das Hymenium (150 × vergr.). 2. Ein Stück des Hymeniums mit sporentragenden Basidien und Paraphysen (800 × vergrößert).

Keulen oder den größeren Teil der Äste. Neben den Blätter- und Röhrenpilzen sind noch zu erwähnen die Stachelschwämme (Hydnum-Arten u. a.), bei denen auf der Unterseite des Hutes statt der Lamellen einzelne Stacheln oder Zapfen auftreten; bei noch anderen ist die Unterseite des Hutes glatt, zeigt also den einfachsten Fall, denn alle diese Vorsprünge und Vertiefungen dienen nur dazu, eine größere Fläche zu schaffen, auf der sich das Hymenium ausbreiten kann.

In betreff der Einzelheiten im Bau der Hüte und der Unterscheidung der Gattungen und Arten muß auch hier auf die oben erwähnten Bestimmungsbücher verwiesen werden. Nur das sei noch erwähnt, daß es ein allgemein gültiges Kenn-

zeichen, eßbare und giftige Pilze zu unterscheiden, nicht gibt, und daß daher die beste Regel die ist, die wenigen guten, eßbaren Arten genau kennen zu lernen und sich an diese zu halten, die anderen aber stehen zu lassen. Der größte Teil der auf dem Boden wachsenden Hutpilze ist bekanntlich fleischig und rasch vergänglich. Unter den Baumschwämmen zeigt der sog. Leberpilz (Fistulina hepatica) dieselben Eigenschaften, viele aber sind lederartig bis holzig. Gewöhnlich sind sie konsolförmig gestaltet, entsprechen also gewissermaßen einem halben Hut, der ohne Stiel seitlich aus dem Baum herauswächst, und auf der Unterseite die Lamellen oder Röhren trägt. Manche holzige Baumschwämme können jahrelang weiterwachsen und dabei neue Rindenlagen und neue Hymeniumschichten ansetzen.

Wie den Morcheln die Hutpilze, so entsprechen den Trüffeln die Boviste und ihre Verwandten, die sog. Bauchpilze, und was von dem Bau jener gesagt wurde, gilt im wesentlichen auch von diesen. Ein Unterschied liegt übrigens noch darin, daß die Bauchpilze nicht unter der Erde sondern über der Oberfläche sich entwickeln. Auch unter ihnen gibt es eine Menge von Gattungen und Arten: die Bekanntesten sind Skleroderma, Bovista und Lycoperdon; zur letztgenannten Gattung gehört der Riesenbovist (L. bovista), der einen Durchmesser von 1/2 m erreichen kann. Die Lycoperdon-Arten heißen Stäublinge, weil bei ihnen, wie bei verwandten Formen, das Innere des Fruchtkörpers austrocknet, und die Sporen durch ein Loch in der Hülle ausstäuben. Die als Peridie bezeichnete Hülle des Fruchtkörpers besteht gewöhnlich aus zwei Schichten; beim Erdstern (Geaster) reißt die äußere Hülle vom Scheitel her strahlenförmig auf und schlägt sich dann in Form eines Sterns zurück.

Zwischen den Bauch- und den Hutpilzen steht eine Gruppe, die durch die sog. Stinkmorchel (Phallus impudicus) repräsentiert wird. Im Jugendstadium, wobei sie kaum aus der Erde heraussieht, ähnelt sie einem Bovist und wird als Teufelsei bezeichnet; wenn das Ei reif ist, platzt seine Hülle und ein Stiel streckt sich in kurzer Zeit empor, auf seiner Spitze ein Käppchen tragend, dem das Gewebe mit den Sporenkammern aufsitzt. Da dieses Gewebe sich rasch zersetzt, und von den durch den häßlichen Aasgeruch angelockten Fliegen aufgezehrt wird, so findet man häufig auf dem Stiel nur noch das

trockene Käppchen. Leider können wir die höchst abenteuerlichen, zum Teil prächtig gefärbten Arten, die als Verwandte der Stinkmorchel in südlicheren und besonders tropischen Ländern vorkommen, aus Mangel an Raum hier nicht beschreiben; denn wir müssen noch über die Entstehung dieser Schwämme, speziell der Hutpilze einige Worte sagen.

An einem Champignon z. B. kann man die verschiedenen Stadien ganz gut sehen, wenn man ihn mit der umgebenden Erde vorsichtig heraushebt, und die Erde durch Auswaschen entfernt. Wir können die jungen Pilze mit noch geschlossenen Hüten finden, dann kleinere, an denen die Anlage des Hutes erst durch eine Anschwellung angedeutet ist, und schließlich kleine weiße Bällchen, die noch keine Differenzierung zeigen. Solche verschiedene Zustände sind durch die weißen Mycelstränge miteinander verbunden. Hieraus erkennen wir, daß die Anlage des Fruchtkörpers am Mycelium auftritt, indem das Ende eines Astes anschwillt und mehr in die Dicke als in die Länge wächst. Nachdem dieses Knöllchen eine gewisse Größe erreicht hat, beginnt ungefähr zugleich mit dem Sichtbarwerden der Abgrenzung von Hut und Stiel die innere Differenzierung, und auf einem Längsschnitt sieht man die Anlage der späteren Lamellen. Unter diesen entsteht sodann ein Spalt, der sich randwärts vergrößert, bis die darunterliegende, als Schleier bezeichnete Verbindungsschicht aufreißt, und der Hut sich ausbreitet. Beim Champignon reißt der Schleier am Hutrand auf und sein Rest bildet die sog. Manschette um den Stiel. Bei anderen Pilzen verhalten sich die Dinge in Einzelheiten wohl etwas anders, im Wesentlichen aber gilt auch für sie dieser Typus der Entwickelung. So sehen wir, daß sich die Schwämme am Mycelium wie die Blüten an einem Strauche entwickeln, aber während der Strauch aus einer Keimpflanze heranwächst, aus einem Samen entsteht, kann das Mycelium nicht auf eine Spore zurückgeführt werden. Die zahlreich ausgestreuten Pilzsporen keimen in der Erde nebeneinander und liefern Hyphen, die sich in der Erde ausbreiten. Die zur gleichen Art gehörigen Hyphen verflechten sich miteinander und werden zu dem Mycelium, das häufig ein strahlenförmiges Wachstum zeigt. An den Stellen, wo das Mycelium eine gewisse Stärke und Reife erlangt hat, entstehen dann bei hinreichender Wärme und Feuchtigkeit die Fruchtkörper. Es findet also bei dieser Entwickelung eine Aggregation aus ver-

schiedenen Anlagen statt, und die Individualität wird dabei aufgehoben: demnach hat das alte Kräuterbuch von Bock doch in gewissem Sinne recht, wenn es behauptet, daß „die Pilze nicht wie andere Leute geboren werden." Beachtenswert ist diese Erscheinung der Aggregation auch insofern, als wir in ihr möglicherweise einen Ersatz sehen dürfen für die Vermischung väterlicher und mütterlicher Anlagen, die sonst durch die Befruchtung bei der Erzeugung der Keime stattfindet, denn bei den Hutpilzen und den Basidiomyzeten überhaupt sind Sexualorgane nur ganz ausnahmsweise nachzuweisen.

17. Kapitel.

Die Pilzkrankheiten der Pflanzen.

Wenn wir diesen Gegenstand in einem nicht zu ausgedehnten Kapitel behandeln wollen, so müssen wir uns gewisse Beschränkungen auferlegen, und darum schien es vorteilhaft, von den in Betracht kommenden Pilzen manche in anderen Kapiteln zu erwähnen oder, wie die Rost- und Brandpilze, besonders zu behandeln, andererseits auch auf die Wichtigkeit der Krankheit vom Standpunkt des Menschen aus Rücksicht zu nehmen. Die zu erwähnenden Pilze ordnen wir am Besten nach dem natürlichen System, dessen Kenntnis wir dadurch zugleich zu vervollständigen suchen. Bereits in früheren Kapiteln wurden manche gefährliche Schmarotzerpilze erwähnt: so im 12. Kapitel, über die Schleimpilze die Plasmodiophora Brassicae in den Kohlwurzeln (S. 64); im 11. Kap. über die Bakterien hätten auch mehrere Erreger von Pflanzenkrankheiten angeführt werden können, so von der Naßfäule der Kartoffeln, dem weißen Rotz der Hyazinthen, der Bakterienkrankheit des Maises, dem Sorghum-Brand, dem Birnen- und Apfelbrand. Im 14. Kap. über die Schimmelpilze sind als Vertreter der Algenpilze die Peronospora-Arten und ihre Verwandten angeführt, die Erreger der Kartoffelkrankheit und der Blattfallkrankheit der Rebe; von den höheren Pilzen schließlich haben wir im 15. Kap. die Exoascus-Arten und die von ihnen bewirkten Krankheiten erwähnt. Wir werden jetzt zunächst einige Vertreter der fruchtbildenden Ascomyzeten zu nennen haben. Aus der Gruppe der Discomyzeten, bei denen das Hymenium offen liegt, nicht von der Wand des Fruchtkörpers eingeschlossen

wird, liefert die bereits S. 76 erwähnte Gattung Peziza verschiedene gefährliche Parasiten (vergl. auch Botrytis cinerea S. 72), wie z. B. Peziza Willkommii, die auf Lärchenbäumen schmarotzend, eine Krebskrankheit hervorruft. Auch die sog. Schorfe gehören hierher, von denen der Ahornrunzelschorf allgemein bekannt ist, da durch ihn die großen, schwarzen Flecke auf den Ahornblättern im Herbste entstehen. Das Pilzmycel bildet hier unter und über der Hymeniumanlage eine schwärzliche, rindenartige Schicht auf der Oberseite des Blattes; erst später, wenn das Blatt längst abgefallen ist, werden die Sporenschläuche reif, und dann platzt die obere Rindenschicht auf. Nach ähnlichem Prinzip sind auch die anderen Schorfe gebaut, von denen wir noch Lophodermium Pinastri auf den Nadeln der Kiefer und L. Abietis auf denen der Rottanne erwähnen, denn durch diese Pilze werden die als Kiefern- und Tannenschütte bezeichneten Blattfallkrankheiten hervorgerufen. Um etwas ganz anderes handelt es sich bei den schwarzen Flecken, die man auf Hopfen-, Weiden- und anderen Blättern als Rußtau bezeichnet. Sie werden von den dunkeln Mycelfäden und Conidien eines Pilzes gebildet, dessen Schlauchfruchtform nur selten erscheint und die Gestalt langgestreckter kleiner Kapseln hat. Der Pilz heißt Fumago salicina, die Kapseln, die oben in eine Mündung ausgezogen sind, heißen Perithecien, und die Pilze mit solchen Früchten Kernpilze oder Pyrenomzyeten (pyren, griech. = Kern). Zu ihnen gehört auch Gnomonia erythrostoma, die eine epidemische, gefährliche Krankheit der Kirschbäume hervorruft und ihren Artnamen von den roten Kapselhälsen hat, mit denen sie auf der Blattunterseite das Gewebe der Kirschblätter durchbricht, während die Hyphen und Kapseln ganz in dem Blatte verborgen sind. Derartige Kapseln können nun auch zu mehreren in ein gemeinsames, von Pilzfäden gebildetes, dichtes Gewebe (Stroma) eingebettet sein, und dies charakterisiert die sog. zusammengesetzten Kernpilze. Zu ihnen gehört Polystigma rubrum: es erzeugt die Rotfleckigkeit der Blätter von Zwetschenbäumen und verwandten Arten; der rote Fleck ist ein solches Stroma, in dem zuerst in krugförmigen Höhlungen kleine Conidien (oder Spermatien, vergl. unten Kap. 21) abgeschnürt werden, in dem sich aber später die Perithecien mit den Sporenschläuchen bilden.

Der bekannteste Pilz aus der genannten Gruppe aber ist

der Erreger des sog. Mutterkorns, das auf verschiedenen Gräsern besonders aber auch auf dem Roggen auftritt und, wenn es mit den Körnern vermahlen wird, das Mehl vergiftet und bei den Menschen die sog. Kriebelkrankheit erzeugt. Sehr merkwürdig ist die Entwickelung des Pilzes, da er so verschiedene Stadien durchmacht, daß sie als zwei verschiedene Arten beschrieben worden sind. Der erste Zustand, Sphacelia segetum, erscheint im Frühsommer, indem der Pilz die Fruchtknoten des Roggens mit seinen Hyphen überzieht und auf dichtgedrängten Zweigen der Hyphen eine Menge einzelliger

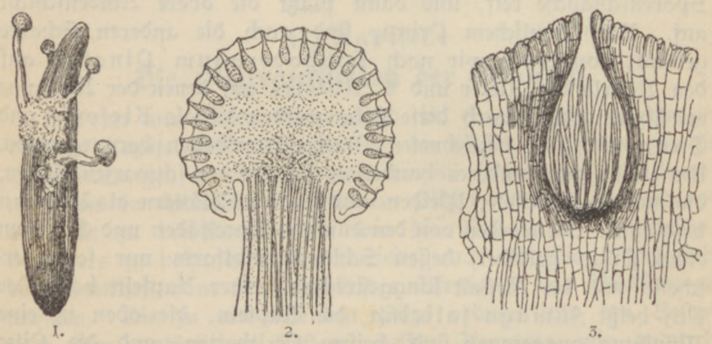


Fig. 39. Der Pilz des Mutterkorns. 1. Ein Mutterkorn mit Fruchtkörpern. 2. Längsschnitt durch das Köpfchen eines Fruchtkörpers mit zahlreichen flaschenförmigen Höhlen (25 × vergr.) 3. Eine solche Höhle mit Sporenschläuchen (120 × vergr.)

Sporen bildet. Zugleich scheidet das Mycel eine klebrige und stinkende Flüssigkeit aus, die, mit unzähligen Conidien vermischt, unten zwischen den Speltzen ausfließt. Käfer und Fliegen werden von dem Saft angelockt und übertragen die Conidien auch auf die noch gesunden Ähren, auf diese Weise die Krankheit verbreitend. Noch im Sommer hört die Conidienbildung auf, die Hyphen aber dringen dann tiefer in den Fruchtknoten ein, zerstören dessen Gewebe und bilden an seiner Stelle einen aus dicht verflochtenen, kurzgliederigen Hyphen bestehenden Pilzkörper ein sog. Sclerotium (Fig. 39, 1). Er stellt in diesem Zustande ein fast zolllanges, etwas gebogenes, schwarzviolettes Gebilde dar, und dies eben ist das Mutterkorn (Secale cornutum). Bleibt die Ähre auf dem Felde, so fällt das Mutterkorn wie die Körner im Herbst auf die Erde, überwintert im Boden und treibt im nächsten Frühjahr gestielte

Köpfchen wie kleine Hutpilze aus. Dieser Pilz heißt **Claviceps purpurea** (Fig. 39, 2). Die Oberfläche der Köpfchen ist dicht besetzt mit den in das Stroma eingelagerten Perithecien, in deren Grunde die Schläuche stehen (Fig. 39, 3). Die Sporen sind fadenförmig und erzeugen, wenn sie in die Blüte des Roggens gelangen, das Mycelium der ersten Form, von der wir ausgegangen sind.

Wichtige Schmarotzer finden wir auch in der nächsten Abteilung der **Ascomyzeten**, bei den **Mehltaupilzen** und ihren Verwandten (**Perisporiaceen**), deren Fruchtkörper ringsum (peri, griech.) geschlossen sind und keine Mündung besitzen. Die meisten Mehltaupilze schmarotzen auf der Oberfläche von Blättern und andern grünen Pflanzenteilen, wo sie durch kleine, in die Epidermis eindringende Haftorgane sich festhalten. Sie haben ihren Namen daher, daß das Mycelium einen weißlichen Überzug bildet, als ob das Blatt mit Mehl bestäubt wäre. Auf dem hellen Grunde erscheinen später dunkle Punkte, und das sind die kleinen Kapselfrüchte, die in einer dünnen Hülle wenige Schläuche, manche nur einen enthalten. Durch Aufplatzen der Kapseln werden die Schläuche frei, die die Sporen entleeren (Fig. 40 I). Neben den Kapselfrüchten, oft sogar zeitlich zugleich mit ihnen, treten conidienbildende, aufrechte Hyphen auf, und bei einigen Arten kennt man nur diese Conidienfructification. So gerade bei der bekanntesten und wichtigsten Art, dem echten Mehltau der Rebe, dessen Kapselfrüchte nur in Nordamerika auf dort einheimischen Reben gefunden und als **Uncinula spiralis** beschrieben worden sind. In Europa, wo der Pilz seit 1845 und zwar zuerst in England von dem Gärtner **Tucker** beobachtet worden ist, bildet er nur die Conidien, nämlich eiförmige Sporen, die am Ende einfacher Hyphen abgeschnürt werden (Fig. 40 II), eine nach der anderen, und da man diese Conidienform als **Oidium** bezeichnet, so heißt der Mehltaupilz

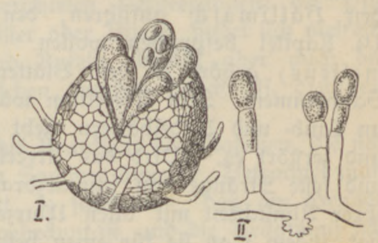


Fig. 40. **Mehltaupilze.** I. Perithecium von **Erysiphe communis**, durch Druck geöffnet, sodaß die Sporenschläuche heraustreten, von denen einer die reifen Sporen zeigt; unten die fadenförmigen Anhängsel. II. **Oidium Tuckeri**, die Conidienform von **Uncinula spiralis**, der Pilz der Traubenkrankheit; an den Mycelfäden unten ein Haustorium, oben drei Conidienträger. (Nach **Frank**.)

Oidium Tuckeri. Er wächst auf den Blättern und jungen Früchten des Weinstocks, hemmt das Wachstum der Trauben und verursacht, daß die Beeren bersten und verfaulen. Von England aus hat er sich in allen weinbauenden Ländern verbreitet, und man sucht ihn, wie den falschen Mehltau, durch Schwefeln und Bespritzen mit sog. Bordeauxbrühe zu bekämpfen.

Was die Basidiomyzeten betrifft, so sind die schlimmsten Krankheitserreger die im folgenden Kapitel behandelten Brand- und Rostpilze, ferner kommen in Betracht die baum- und holzzerstörenden Schwämme, von denen wir als Beispiel nur den Hallimasch anführen, den Hausschwamm aber im 19. Kapitel besprechen wollen. Der Hallimasch (Agaricus melleus) gehört zu den Blätterpilzen und zu den eßbaren Schwämmen. Sein Mycelium wächst zwischen Holz und Rinde an Laub- und Nadelhölzern, geht aber auch in das Holz hinein und zerstört es. Wird das Mycelium älter, so bildet es dicke und feste Stränge von schwarzbrauner Farbe, die man wegen ihrer Ähnlichkeit mit alten Wurzeln Rhizomorpha genannt hat, indem man sie für einen besondern Pilz hielt. Die Fruchtkörper nämlich entstehen nur zu gewissen Zeiten und unter bestimmten Umständen, besonders, wenn der vom Pilz befallene Baum gefällt wird, an dem stehenbleibenden Stumpf, und zwar dann meist gruppenweise. Das Mycel, wenn es im Baum nicht weiterwachsen kann, wendet sich nach außen, treibt die Fruchtkörper und sorgt durch Sporenbildung für die Erhaltung der Art, da es in seinem Wachstum gefährdet ist. So verhält es sich auch mit andern holzbewohnenden und -zerstörenden Pilzen, von denen hier noch gar manche genannt werden könnten. Es sind also die stehenbleibenden Stümpfe der Bäume als eine nicht geringe Gefahr für die Verbreitung von Pilzkrankheiten im Walde anzusehen.

Fast mehr gefährliche Schmarotzer als bei den Ascomyzeten und Basidiomyzeten finden wir bei den Pilzen, die nur in der Conidienfructification bekannt sind und, wie oben (S. 68) gesagt, unvollständige Pilze genannt werden. Als solche stellt man sie auch in den systematischen Lehrbüchern in eine besondere Klasse zusammen und teilt sie nach ihrer Conidienbildung ein.

Meist zweizellig sind die Conidien bei Cladosporium, dessen verzweigte Conidienträger oft rasenartig auftreten.

Cl. herbarum ist auf der ganzen Erde verbreitet, lebt gewöhnlich saprophytisch, kann aber auch parasitisch auftreten und Blätter und junge Triebe besonders der Gewächshauspflanzen abtöten, wie der gemeine Traubenschimmel. Der Gattung Cladosporium nahe steht Fusicladium. F. dendriticum ist der Pilz, der Blätter, junge Triebe und Früchte des Apfelbaums befällt, dunkle Flecke erzeugt und dadurch großen Schaden hervorbringt, während F. pyrinum die Birnbäume in ähnlicher Weise beschädigt, ihre Früchte schwarz, hart und ungenießbar macht. Ebenso bekannt sind in den Obstgärten die von Monilia fructigena angerichteten Verheerungen: der Pilz erscheint in Form kleiner Polster oder Ringe, findet sich vielfach erst auf faulenden Birnen und Äpfeln, befällt aber auch die noch lebenden Früchte; Kirschen werden durch M. cinerea mumifiziert und ungenießbar..

Wer kennt ferner nicht die Krankheit der Platanen, die sich im Abfallen ihrer Blätter im Sommer äußert? Betrachtet man ein solches abgefallenes Blatt, so sieht man, daß am Grunde der Blattfläche das Gewebe gebräunt ist, und die Bräunung sich vom Stiel in die Nerven hineinzieht: daher heißt der Pilz, der in so heimtückischer Weise der ganzen übrigen Blattfläche die Nahrungszufuhr unterbindet, Gloeosporium nervisequum (sequi, lat. = folgen). Eine andere Art der Gattung, die ca. 300 Arten umfaßt, ist Gl. ampelophagum, der Pilz des schwarzen Brenners des Weinstocks.

Aus der Gruppe der unvollständigen Pilze mit echten Früchten, d. h. der Pilze, die ihre Conidien in besonderen, Pykniden genannten Gehäusen produzieren, seien erwähnt die Gattungen Septoria, Phyllosticta und Phoma. Von den ca. 900 bekannten Septoria-Arten sind viele gefährliche Parasiten, sie erzeugen Flecken auf Blättern oder Früchten verschiedener Pflanzen. Ferner verursachen die parasitischen Arten von Phyllosticta, einer durch ca. 800 Arten vertretenen Gattung, durch Zerstörung der Blätter oft großen Schaden, sie befallen die Edelkastanien, Magnolien, verschiedene Obstbäume, Stachelbeeren, Rosen und Reben und auch krautige Pflanzen. Von Phoma sind über 1100 Arten beschrieben, sie kommen auf fast allen Teilen der Pflanze, nur nicht auf den Blättern vor, Koniferennadeln ausgenommen; bemerkenswerte Krankheiten verursachen sie an Reben, Maulbeeren, Pfirsichen, Koniferen u. a.

Wir wollen schließlich nur noch bemerken, daß die Zierpflanzen der Gärtnereien unter dem Angriff solcher „unvollständiger" Pilze mehr als unter dem der anderen Pilze zu leiden haben dürften.

18. Kapitel.

Die Brand- und Rostpilze.

Die hier zu behandelnden Pilze sind alle Schmarotzer auf höheren Pflanzen und zum Teil sehr gefährliche Feinde unserer Kulturpflanzen, besonders des Getreides. Ihren Namen haben sie nach ihrem Aussehen, weil die Stellen, wo die Brandpilze ihre Sporenlager bilden, schwarze Flecken auf der Pflanze darstellen, als ob sie dort verbrannt sei, und weil die rötlichen Sporenlager der Rostpilze äußerlich wie Rostflecke erscheinen. Im System stehen die beiden Gruppen nahe bei einander und haben wenig Verwandtschaft mit andern Familien: auf diesen Punkt kommen wir noch am Ende zurück, wenn wir die Einzelheiten der Entwickelung genauer kennen gelernt haben:

Wir beginnen mit den Brandpilzen. Schon jeder hat auf dem Felde brandige Getreideähren gesehen, untersucht man eine solche Ähre, so ergibt sich, daß an Stelle des Korns ein schwarzes Pulver getreten ist, das aus den Sporen des Pilzes besteht. Eine Ansteckung auf dem Felde von Ähre zu Ähre findet durch diese Sporen nicht statt. Gelangen sie auf ein geeignetes Substrat, so bilden die Sporen des Flugbrandes (Ustilago Carbo) einen kleinen, aus wenigen Zellen bestehenden Faden (Vorkeim), und jede Zelle desselben treibt seitlich eine oder mehrere Conidien aus, die dann abfallen (Fig. 41). Die Conidie wiederum bildet einen feinen Keimschlauch, der in die Keimlinge des Getreides eindringt: dies kann geschehen, wenn das Wintergetreide im Herbste keimt, aber die Sporen können auch überwintern und erst im Frühjahr mit dem Sommergetreide keimen, worauf die Conidien keimen und in die Keimlinge des Sommergetreides eindringen, schließlich können auch die Conidien auf dem humosen, gedüngten Boden durch hefeartige Sprossung immer neue Generationen von Conidien erzeugen und so ein saprophytisches Leben führen, bis sie mit den für die Infektion empfänglichen Getreidekeimlingen zusammentreffen. Diese Empfänglichkeit nämlich dauert nur kurze Zeit, und wenn die Keim-

linge heranwachsen, werden sie bald für die Infektion mit Brand immun. Daher ist es am wichtigsten, daß keine Brandsporen mit den Körnern des Getreides keimen, und daher beizt man das Saatgut mit Kupfervitriol und ähnlichen Mitteln zur Vernichtung der Pilzsporen. Daß dieses Beizen aber keinen ausreichenden Schutz gewährt, geht aus dem obengesagten schon hervor. Ja der berühmte Pilzforscher Brefeld hat nachgewiesen, daß Brandsporen blühendes Getreide infizieren können, daß dann zwar nicht direkt brandige Ähren aber infizierte Körner entstehen, aus denen nach der Aussaat Getreide mit brandigen Ähren hervorgeht. Auf jeden Fall also wächst der Pilz mit dem Keimling empor, indem er schon im Korn vorhanden war oder in den ersten Keimungsstadien eingedrungen ist. Seine feinen Hyphen verlaufen zwischen den Zellen der Wirtspflanze, in die sie kleine Haustorien oder Saugwarzen treiben. So gelangen sie schließlich bis zu den Ährenanlagen und in die Fruchtknoten, wo nun die Hyphen sich verändern: die Fäden knäueln sich zusammen, die Zellen runden sich ab, ihre Membran verquillt und jede Zelle wandelt sich in eine Spore um, so daß also diese Brandsporen nicht auf besondern Trägern sitzen, sondern nur einen Sporenhaufen bilden. Beim Stinkbrand des Weizens (Tilletia caries) sind diese Verhältnisse ganz ähnlich, die Sporen bilden aber eine feste Masse, weil sich die äußere Hülle des Korns erhält. Bei der Keimung treiben die Sporen einen einzelligen, kurzen Schlauch, auf dessen Ende sich ein Kranz von fast fadenförmigen Conidien bildet, die vor ihrer Keimung paarweise copulieren (Fig. 41 II, III). In der Copulation der Conidien, die auch bei Ustilago vorkommt, ist aber kein Sexualakt zu sehen, weil keine Kernverschmelzung stattfindet. Dagegen ist eine Vereinigung zweier Kerne zu beobachten, wenn sich die Sporen bilden; denn die Zellen, die zu Sporen werden, sind anfangs zweikernig, die Spore selbst hat

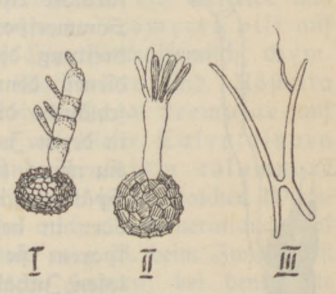


Fig. 41. Brandpilze: I. Ustilago-Spore mit Keimschlauch, der die geteilte Basidie mit den Sporen darstellt. II. Tilletia: die einzellige Basidie, die sich aus der Spore entwickelt, treibt oben zahlreiche Basidiosporen oder Conidien (noch unausgebildet). III. Tilletia: zwei reife Basidiosporen, abgefallen und in Copulation, aus der einen entsteht ein Keimschlauch.

nur einen Kern: ob man dies aber als Sexualprozeß auffassen darf, ist sehr fraglich.

Um die Rostpilze kennen zu lernen, verfolgen wir am besten zunächst die Entwickelung des gemeinen Getreiderostes (Puccinia graminis). Seine Sporenlager erscheinen als rostfarbene Streifen auf Blättern und Halmen des Getreides im Sommer. Zwischen der aufplatzenden Epidermis des Blattes treten auf langen Stielen eiförmige Sporen hervor, die einzellig sind, einen gelblichen Inhalt und eine farblose Membran haben. Es sind die sog. Sommersporen (Uredosporen), die zur Verbreitung des Rostes von Pflanze zu Pflanze dienen, denn sie keimen direkt und ihre Keimschläuche dringen in die Getreideblätter ein, in deren Innerem sie in ein bis zwei Wochen ein neues, sporenbildendes Mycelium erzeugen. Später erscheinen zwischen den Sommersporen oder in besonderen Lagern die sog. Wintersporen: sie sind zweizellig, haben einen farblosen Inhalt und eine dunkle Membran. Sie fallen nicht ab, sondern überwintern auf den alten Blättern und Halmen und keimen erst im Frühjahr. Bei der Keimung bilden sie, wie die Brandsporen, einen kurzen Conidienträger, an dem 3—4 Conidien entstehen (Fig. 42). Diese sind sofort keimfähig, keimen aber nur, wenn sie auf das Blatt einer Berberitze gelangen; ihr Keimschlauch dringt direkt in die Epidermiszelle des Blattes ein, während die Keimschläuche der Uredo- und der gleich zu erwähnenden Aecidiosporen eine Spaltöffnung zum Eindringen benutzen. Im Blatte der Berberitze entsteht nun wieder ein Pilzmycel, dieses aber erzeugt weder Sommer- noch Wintersporen sondern Spermogonien und Aecidien und zwar im Frühling. Die ersteren entstehen auf der Blattoberseite als krugförmige Behälter, in ihnen und in den von ihnen gebildeten winzigen Conidien (Spermatien) hat man funktionslos gewordene, männliche Organe vermutet. Die Aecidien dagegen erscheinen dem bloßen Auge als winzige Becher auf der Unter-



Fig. 42. Puccinia graminis, eine Winterspore die zwei Keimschläuche getrieben hat; der obere ist unvollständig, der untere bildet oben die vierzellige Basidie und auf den Stielen die 4 Sporen, die ungleich weit entwickelt sind.

seite des Blattes; sie erzeugen innerhalb einer einschichtigen, später am Scheitel aufplatzenden Hülle Ketten von Sporen, Aecidiosporen. Diese keimen gleich im Frühsommer auf dem Getreide und bilden hier den Rost, von dem wir ausgegangen sind. Wir haben hier also nicht nur einen komplizierten Generationswechsel in der Entwickelung des Pilzes, sondern auch einen Wirtswechsel. Dasselbe findet sich bei vielen anderen Rostpilzen und zwar meistens auch in der Weise, daß die beiden Wirte ganz verschiedenartige Pflanzen sind. Wie hier Puccinia graminis und Aecidium Berberidis zusammen gehören, so auch Pucc. straminis auf Getreide und Aec. asperifolii auf dem Lungenkraut, Uromyces pisi auf Erbse und Aec. euphorbiae auf Cypressenwolfsmilch, Gymnosporangium fuscum auf Wachholder und Röstelia cancellata auf Birnbaum, Melampsora tremulae auf Espe und Caeoma pinitorquum auf Kiefer, Calyptospora Göppertiana auf Preiselbeere und Aecidium columnare auf Edeltanne usw. Aber nicht überall ist ein solcher Wirtswechsel vorhanden, vielmehr können auch alle Generationen auf derselben Wirtspflanze auftreten, wie es z. B. beim Zwiebelrost der Fall ist. Ferner gibt es solche Formen, bei denen die Aecidiengeneration ausgefallen ist, die Wintersporen also, resp. die von ihnen erzeugten Conidien gleich wieder ein Mycelium mit Sommer- und Wintersporen bilden, wie z. B. beim Schilfrost, ja bei manchen, wie beim Nelkenrost, sind die Wintersporen die allein vorkommenden. Natürlich gibt es nun auch viele Aecidien, von denen man nicht weiß, zu welchen Wintersporen sie gehören, und dasselbe gilt auch für die Letzteren in umgekehrter Weise: solche Formen werden demnach einfach für sich beschrieben.

Wenn nun für den gewöhnlichen Getreiderost, wie de Bary zuerst gezeigt hatte, als Zwischenwirt die Berberitze notwendig ist, so müßte man den Pilz vertilgen können, wenn man keine Berberitzen in der Nähe der Getreidefelder duldete. Die Ausrottung der Berberitze ist auch empfohlen und vielfach durchgeführt worden, allein keineswegs mit dem erwarteten Erfolg: der Getreiderost tritt doch noch auf und schädigt die Felder. Da nun die Conidien der Wintersporen sicher nicht auf Getreide keimen, da die Sommersporen sicher nicht überwintern können, und da man auch nie im Wintergetreide überwinterndes Mycelium

des Rostes gefunden hat, so steht man hier vor einem noch ungelösten Rätsel, man weiß nicht, wie sich der Rost von einer Generation des Getreides auf die nächste überträgt. Der schwedische Forscher Erikson hat geglaubt, die Lösung darin gefunden zu haben, daß das von Sommersporen infizierte Wintergetreide den Pilz in einem Zustande enthält, in dem sein Plasma mit dem der Nährpflanze verschmolzen ist, und daß er sich erst im folgenden Sommer sozusagen wieder als Pilz herausdifferenziert; er stützt diese Annahme zwar auf mikroskopische Beobachtungen, aber sie kann noch nicht als erwiesen gelten und wird, wenigstens vorläufig, von anderen Pilzforschern mit Mißtrauen angesehen.

Der normale Vorgang ist jedenfalls auch beim Getreiderost, daß er einen mit Wirtswechsel verbundenen Generationswechsel durchmacht. Die zwei Generationen unterscheiden sich, wie bei gewissen Arten nachgewiesen ist, auch dadurch, daß das Sommer- und Wintersporen bildende Mycelium zwei Kerne in jeder Zelle aufweist, das Aecidien und Spermogonien bildende Mycelium aber nur einen Kern in jeder Zelle. Die zwei Kerne entstehen dadurch, daß die Zellen, aus denen die Sporenreihen der Aecidienfrüchte hervorgehen, von einer anderen Zelle befruchtet werden und einen Kern von dieser erhalten, der nicht mit ihrem eigenen Kern verschmilzt. Es sind also von der Bildung der Aecidiosporen an zwei Kerne vorhanden, und diese teilen sich immer paarweise auch in dem von der Aecidiospore gelieferten Mycelium, bis in der Winterspore die Verschmelzung beider Kerne erfolgt: von da an ist das Mycelium wieder einzellig bis zur Anlage der Aecidien und der eben erwähnten Befruchtung.

Was nun die systematische Stellung der Rostpilze anlangt, so hat man sie zu den Basidiomyzeten gestellt mit der Begründung, daß der Conidienträger, der bei der Keimung der Winterspore entsteht, eine mehrzellige Basidie darstellt (Fig. 42), und die abgeschnürten Conidien den Basidiosporen entsprechen. Die Wintersporen selbst würden dann, ebenso wie die Sommer- und Aecidiosporen, als sog. Chlamydosporen zu betrachten sein, d. h. als Sporen, die durch Umwandlung von Myceliumzellen entstehen. Für die Brandpilze gilt eine ähnliche Auffassung: die Brandsporen sind hier noch deutlicher Chlamydosporen in dem genannten Sinne, und der bei ihrer Keimung entstehende

Vorkeim mit den Conidien ist dann auch die Basidie mit den Basidiosporen (Fig. 41). Bei Ustilago ist die Basidie mehrzellig, bei Tilletia ist sie einzellig, die Zahl der abgeschnürten Conidien ist aber bei den Brandpilzen in der Regel größer und variabel, und dadurch entfernen sich die letzteren noch mehr von dem Typus der Basidiomyzeten mit 4 Sporen auf der Basidie (S. 67), als die Rostpilze, die an ihrer Basidie nicht mehr als 4 Sporen (Conidien) und zwar auch auf Stielen (Sterigmen) bilden.

19. Kapitel.

Der Hausschwamm und verwandte Pilze.

Wenn wir den in den Häusern auftretenden, holzzerstörenden Pilzen ein besonderes Kapitel gewähren, so geschieht dies hauptsächlich wegen ihrer Bedeutung für das praktische Leben, obwohl auch in rein wissenschaftlicher Hinsicht noch manche interessante Probleme von ihnen gestellt werden. So ist vor allem die Herkunft des sog. echten Hausschwammes (Merulius lacrymans) noch ein Problem: man nahm früher an, er komme nur in den Häusern vor, sei also ähnlich unsern Getreidearten eine, von den Menschen, wenn auch wider ihren Willen gezogene Kulturpflanze, deren wildlebende Stammform nicht mehr existiere; dann fand man den Pilz auch mehrfach im Freien und glaubte nun, daß es sich mit ihm so, wie mit anderen baumzerstörenden Pilzen verhalte, die auch in den als Zimmerholz verwendeten Stämmen weiter leben können; ganz neuerdings nun wird behauptet, daß es zwei Racen des Hausschwammes gäbe, den wilden und den echten, und daß diese bei aller Übereinstimmung im äußeren Aussehen und im inneren Bau doch physiologisch durch das ungleiche Wachstum bei verschiedenen Temperaturen zu unterscheiden seien. Diese Angaben bedürfen noch weiterer Prüfung, aber immerhin müssen wir den Hausschwamm als einen Pilz bezeichnen, der jetzt wenigstens sein eigentliches Vorkommen in den menschlichen Wohnungen hat.

Hier ist er schon lange beobachtet worden, aber zu einer bedenklichen Kalamität ist er erst in der neuesten Zeit geworden, wozu nicht die Lebensweise des Pilzes, sondern die der Menschen, d. h. die Änderung unserer kommunalen und sozialen Verhältnisse Veranlassung gegeben haben. Ein Haupterfordernis zum

Wachstum des Pilzes ist nämlich Feuchtigkeit, und umso eher entwickelt er sich und um so gefährlicher wird er, je weniger das Holz und die es umgebenden Teile des Hauses ausgetrocknet sind. Um aber gut ausgetrocknetes Holz zu haben, müssen es die Zimmerleute erst lange Zeit auf Lager halten und dazu bedürfen sie eines großen Lagerplatzes: beides macht jetzt sehr viel mehr Unkosten als früher. Ähnlich verhält es sich mit der Erbauung des Hauses: früher hatte man weniger Eile mit dem Bauen und Beziehen des Hauses, heute muß es möglichst schnell fertig und bewohnt sein, so daß man ihm nicht Zeit läßt, ordentlich auszutrocknen. Sollte in einem solchen Fall nun auch das Holz trocken gewesen sein, so teilt sich doch den in die Mauer eingelassenen Balkenköpfen die Feuchtigkeit des Mauerwerkes mit, an diesen Stellen entsteht der Schwamm und wächst in dem Maße weiter, als er Feuchtigkeit vorfindet. Es ist klar, daß, wenn auch nur die Balkenköpfe vom Schwamm zerstört sind, der ganze Boden den Halt verlieren und herunterbrechen kann; deshalb sieht man auch zuerst an diesen Stellen nach, wenn der Verdacht entsteht, daß Schwamm im Hause sei. Wie aber entsteht dieser Verdacht und woran merkt man, daß Schwamm vorhanden sein könnte? Zunächst zeigt sich der Schwamm gewöhnlich durch einen moderigen Geruch an, der aber mehr auf den Zersetzungserscheinungen beruht; denn der frische Hausschwamm selbst hat den angenehmen Duft des Champignons. Ferner sieht man die Fußbodendielen sich biegen und aus den Fugen gehen, ja sie werden manchmal so morsch, daß sie beim Auftreten durchbrechen. Nimmt man nun die Dielen auf oder reißt die Cambris ab, so findet man gewöhnlich auf der Innenseite des Holzes Flecken mit einem weißlichen, strahligen Gespinnst (Fig. 43), nämlich dem Mycelium des

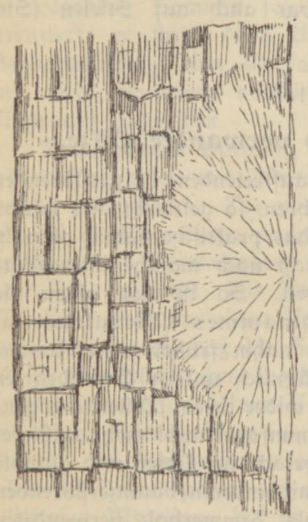


Fig. 43. Ein Stück Tannenholz, das vom Hausschwamm befallen und zerstört ist: links sieht man die Längs- und Quersprünge, rechts das strahlige Gespinnst des Hausschwammes.

Schwammes. Ferner kann man in der Bodenfüllung zwischen den Balken Gespinnstfasern oder dickere, weiße Mycelstränge finden, und mit solchen kann der Schwamm auch in das Mauerwerk eindringen und hier auf ziemlich weite Strecken hin wachsen. Der Laie spricht dann wohl von Mauerschwamm und unterscheidet ihn von dem gewöhnlichen Holzschwamm, während in Wirklichkeit kein solcher Unterschied existiert, da der Pilz nicht von der anorganischen Substanz des Mauerwerks leben kann, sondern an die organische des Holzes gebunden ist: die Stränge in der Mauer müssen also irgendwo mit dem Holz in Verbindung stehen.

Auch sieht man es dem Holz selbst an, wenn es schwammkrank ist: Balken und Dielen, die stark vom Schwamm zersetzt sind, haben eine bräunliche Farbe und zeigen Quer- und Längssprünge, wodurch viereckige Felder von verschiedener Größe entstehen. Solches Holz ist nicht mehr fest und biegsam, sondern brüchig und wird schließlich so mürbe, daß man es zwischen den Fingern zerreiben kann. Daran also kann man den Hausschwamm erkennen, selbst wenn äußerlich kein Mycelium vorhanden ist. Für dieses ist charakteristisch, daß es in frischem Zustand schön weiß aussieht, an der Luft aber sehr rasch eintrocknet und eine rauchgraue Farbe bekommt. Eine bestimmte Form hat der Schwamm selbst nicht, sondern diese richtet sich ganz nach den Raumverhältnissen. Wir haben schon erwähnt die flachen Gespinnste, die dünnen Fäden, die dickeren Stränge; wo mehr Raum ist, oder wo der Schwamm an die Oberfläche tritt, entstehen wohl auch Polster von größerer Dicke, und aus solchen kann sich unter gewissen Umständen der Fruchtkörper entwickeln, den man übrigens selten zu sehen bekommt. Am ehesten tritt er im Keller auf; einen besonders schönen fand ich einmal auf dem Boden eines Zimmers unter einem Schranke in der Form eines flachen Kuchens von fast 1 m Durchmesser. Der Rand des Fruchtkörpers bleibt gewöhnlich weiß und steril, die Mitte ist braun, runzelig und faltig, es ist dies gewissermaßen ein Übergang zwischen der Lamellenbildung der Blätterpilze und der Röhrenbildung der Röhrlinge. Vertiefungen und Vorsprünge sind gleichmäßig von dem Hymenium überzogen, das auf seinen Basidien je 4 braune Sporen bildet.

Die Menge der entstehenden Sporen ist selbst bei mäßig großen Fruchtkörpern eine so ungeheuere, daß sie sich wie ein

rotbrauner Staub über die ganze Umgebung verbreiten. Diese Sporen sind deshalb auch das in erster Linie in Betracht kommende Mittel für die große Ausbreitungsfähigkeit des Hausschwammes. Zwar keimen sie bei künstlicher Aussaat nur unter ganz gewissen Bedingungen, aber man muß annehmen, daß sie sich selbst überlassen diese Bedingungen vielfach finden. Wie sie durch den Wind oder durch die Menschen verschleppt werden, auf Holzlagerplätze oder in Rohbauten kommen, kann man sich leicht vorstellen, dagegen ist es wohl ziemlich ausgeschlossen, daß das Holzwerk fertiger oder bewohnter Häuser durch Sporen infiziert wird. Es kann ferner aber auch, wenn gesundes Holz neben schwammkrankes zu liegen kommt, durch direktes Hinüberwachsen des Myceliums das erstere infiziert werden, und selbst einzelne Stücke des Myceliums können Herde der Ansteckung werden, wie z. B., wenn Bauschutt schwammkranker Häuser wieder zur Füllung in neuen Häusern verwendet wird. Besonders zu beachten ist schließlich der Umstand, daß das Mycelium seine Lebensfähigkeit außerordentlich lange behält, daß es lange ruhen und unbemerkt bleiben kann, dann aber bei Zufuhr von Feuchtigkeit wieder zum Leben erwacht und seine verderbliche Tätigkeit aufnimmt. Nach der in der Praxis gemachten Erfahrung muß man geradezu von jedem Holze annehmen, falls es vor dem Einbauen nicht jahrelang völlig ausgetrocknet ist, daß es die Keime des Hausschwammes enthalten und schwammkrank werden kann, sobald ihm beim Bau oder später, durch die Hausbewohner, genügende Feuchtigkeit zugeführt wird.

Es handelt sich nun noch darum, wie man feststellt, ob der wirkliche Hausschwamm oder ein anderer Pilz vorliegt. Ganz sichere Unterscheidungsmerkmale gibt es für die verschiedenen in Betracht kommenden Pilze nicht, wenn nicht die Fruchtkörper vorhanden sind, und das ist eben selten der Fall. Zwar gibt es mehrere Eigentümlichkeiten im Bau der Hyphen und des Myceliums, durch die sich der Hausschwamm vor den meisten andern Pilzen auszeichnet; indessen dürfte es sich hier in keinem Falle um ein ganz sicheres Merkmal handeln. Man wird am besten tun und am sichersten gehn, wenn man das ganze Aussehen des Holzes und des Myceliums sowie die anatomischen Eigentümlichkeiten des letzteren gleichmäßig berücksichtigt.

Am Ähnlichsten im Auftreten und in der Wirkungsweise steht dem Merulius lacrymans der Lohporenschwamm

(Polyporus vaporarius), der auch in lebenden Fichten und Kiefern im Walde nicht selten vorkommt. Wenn Holz von solchen erkrankten Bäumen verwendet wird, ohne vorher gänzlich ausgetrocknet zu sein, so entwickelt sich der Pilz im Gebäude und zerstört das Holzwerk in kurzer Zeit ganz ähnlich wie der echte Hausschw...m. Besonders häufig findet er sich in Kellerräumen und im Fußboden nicht unterkellerter Häuser. Sein Fruchtkörper ist viel flacher und heller als beim Merulius lacrymans, von dem er sich auch dadurch unterscheidet, daß sein weißes Mycelium nicht so schnell grau wird, daß seine dicken Stränge eine einfachere Struktur besitzen als bei jenem, und daß an den Hyphen gewisse bei Merulius auftretende Eigentümlichkeiten fehlen. Auch andere Polyporus-Arten werden als Holzzerstörer in Häusern getroffen wie z. B. P. igniarius, der die als Weißfäule bezeichnete Erkrankung des Eichenholzes hervorruft; aber diese Weißfäule findet man auch an alten Eichenstämmen im Walde. Überhaupt sind die Pilze, die sonst noch als Holzverderber in den Gebäuden vorkommen, wohl meistens direkt aus dem Walde eingeschleppt, d. h. es ist Holz von solchen Stämmen verwendet worden, die den Pilz schon bei Lebzeiten, wenn auch nicht in sichtbarer Weise, enthielten. Der echte Hausschwamm dagegen verbreitet sich, wie schon oben gesagt, wesentlich im Bauholze selbst, wenn es sich bereits in Bearbeitung befindet oder eingebaut ist. Er ist in den meisten Fällen auch der Urheber dessen, was die Baumeister und Zimmerleute als Trockenfäule zu bezeichnen pflegen. Vielleicht kann diese auch durch den Lohporenschwamm oder noch einen anderen Pilz hervorgerufen sein: jedenfalls ist sie auch eine von holzzerstörenden Pilzen hervorgerufene Krankheit, bei der nur der Pilz nicht äußerlich sichtbar wird, weil er nicht an die Oberfläche tritt und seine Hyphen nur in dem Holz wachsen. Trockenfäule ist also eine Pilzkrankheit, meistens vom echten Hausschwamm, oder aber auch von einem anderen Pilze veranlaßt.

20. Kapitel.

Die Flechten.

Schon früher (S. 7) haben wir gesehen, daß die Flechten aus Pilzen und Algen gebildet werden: wir fügen hinzu, daß es der Pilz ist, der die Fruktifikationsorgane der Flechte erzeugt.

Wir können deswegen über die Fruktifikation der Pilze kein zusammenfassendes Kapitel bringen, wenn wir nicht zuvor die Flechten beschrieben haben. Aber wie so ganz anders diese letzteren sich sowohl den Pilzen als auch den Algen gegenüber verhalten, das zeigt uns ein flüchtiger Blick auf die Art und Weise ihres Vorkommens und Auftretens in der Natur.

Im Tiefland der gemäßigten Zone führen die Flechten ein wenig beachtetes Dasein: sie mischen sich teils zwischen die Moose auf dem Boden des Waldes, teils wachsen sie auf Steinen und Baumrinden und erscheinen dann mehr als Teile dieser als wie als eigene Gewächse, ihre meistens unscheinbare Färbung läßt sie wenig hervortreten. Ganz anders wird es aber, wenn wir ins Hochgebirge hinaufsteigen und die Baumregion und sogar die Alpenmatten unter uns lassen: da sind die Flechten die eigentlichen Vertreter der Vegetation und fallen durch die lebhafte Farbe ihrer die Felsen überziehenden Krusten oder durch die den Boden dicht bedeckenden Rasen auf. Etwas Ähnliches findet sich in der Gesteinsregion des arktischen Gebietes; und in den als Tundren bezeichneten, hochnordischen Steppen bedecken Moose und strauchartige Flechten große Strecken des Bodens. Diese Beteiligung der Flechten an der Vegetation verdient aber noch nicht so sehr unser Interesse wie ihre Struktur und ihre Entwickelung, denn in dieser Hinsicht können wir sie geradezu als die merkwürdigsten Pflanzen überhaupt bezeichnen. Sind doch, wie man seit ca. 40 Jahren weiß, die Flechten Doppelwesen, d. h. sie setzen sich aus Algen und Pilzen zusammen, und zwar meistens in der Weise, daß der Pilz überwiegt und die Fortpflanzungsorgane bildet, die Algen aber ganz von ihm eingeschlossen sind. Trotzdem bestimmen die Algen die Gestalt der Flechten in dem Grade, daß wenigstens bei den höheren Gruppen ganz eigenartige Formen auftreten, die dem Pilzreich durchaus fremd sind.

Der Gestalt nach unterscheidet man Krusten-, Laub- und Strauchflechten, wobei die Unterschiede sich schon ziemlich durch die Namen ergeben, so daß wir nur hinzuzufügen brauchen, daß die Krustenflechten mit ihrer ganzen Unterfläche dem Substrat fest angewachsen sind, die Laubflechten aber nur stellenweise angeheftete, blattartige Gebilde darstellen. Wie es zwischen diesen beiden Gruppen Übergänge gibt, so kommen solche auch zwischen den Laub- und Strauchflechten vor, wenn der Thallus noch flach

aber bandartig schmal und von mehr aufrechtem Wuchse ist. Macht man einen Querschnitt durch eine Laubflechte (Fig. 44), so sieht man oben eine Schicht von dicht zusammenschließendem Pilzgewebe, darunter liegt eine Schicht, in der zwischen dem sehr lockeren Geflecht von Pilzfäden eine Menge grüner Algenzellen eingestreut sind, in der Mitte wird das Fadengeflecht wieder dichter und geht unten in ein lückenloses Gefüge über, ähnlich dem auf der Oberseite; schließlich sieht man von der Unterseite Fadenbündel ausgehen, die als wurzelähnliche Organe zur Anheftung und Nahrungsaufnahme dienen. Es erinnert dieses Bild, wenn wir von den Haftorganen oder Rhizoiden absehen, einigermaßen an das eines Blattquerschnittes: hier haben wir oben und unten eine farblose Oberhaut und finden die am meisten Chlorophyll führenden Zellen auch unter der Epidermis der Oberseite liegen. Bei beiden ist aber auch die Ursache dieser Gewebeverteilung dieselbe, denn die grünen, assimilierenden Zellen liegen auf der belichteten, also oberen Seite. Und so haben wir denn die Algenzellen in den Flechten als Assimilationsorgane aufzufassen oder als denjenigen Bestandteil des Flechtenkörpers, der die Bereitung der organischen Stoffe, Stärke und Zucker, besorgt, wozu ihnen das Sonnenlicht die Betriebskraft liefert. Der Pilz dagegen nimmt von der Unterlage das Wasser mit den Mineralstoffen auf, und nun findet ein gegenseitiger Austausch zwischen Pilz und Alge statt: ein solches Verhältnis, aus dem beide Teile Vorteil ziehen, wird als Symbiose bezeichnet.

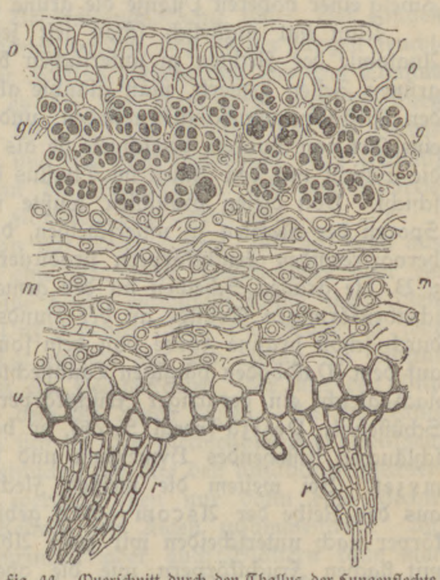


Fig. 44. Querschnitt durch den Thallus der Lungenflechte (nach Sachs,) o obere Rinde, g Algenzone, m. Markzone, u untere Rinde, r Haftfasern. (500 × vergr.).

Wie also bei der Laubflechte die Ernährungsverhältnisse den inneren Bau beeinflussen, so ist es auch bei den Strauchflechten der Fall. Der aufrechte, oder bei der Bartflechte z. B. hängende Ast wird ringsum ziemlich gleichmäßig belichtet, und so ist auch die Algenschicht ringsum ausgebildet unter einer Hautschicht, eine markähnliche Schicht in der Mitte umgebend, wie bei dem Zweig einer höheren Pflanze die grüne Rinde rings herum geht.

Man hat natürlich schon seit jener Zeit, als man die Anatomie der Flechten zu untersuchen begann, die eingestreuten grünen Zellen bemerkt, man glaubte aber zu sehen, daß sie von den Pilzfäden abgeschnürt würden, und hielt sie deswegen für eine Art von Sporen, bezeichnete sie als „Gonidien" und nannte die Schicht mit den Algen im Thallus der Flechte die Gonidienschicht. Von diesen Gonidien wußte man wohl die wahren Sporen der Flechten zu unterscheiden, da sie häufig in äußerlich hervortretenden Fruchtkörpern produziert werden. Solche sind z. B. die grauen Scheiben an der gemeinen Bartflechte und die scheibenförmigen Gebilde an der Hundsflechte, bei der sie sich durch schön braune Farbe von dem sonst grauen Thallus dieser auf dem Waldboden häufigen Laubflechte abheben. Seinem Bau nach gleicht ein derartiger Fruchtkörper im wesentlichen einem Schüsselpilz, Pezi̇za (vergl. S. 76), er hat also ein aus Sporenschläuchen bestehendes Hymenium und ist demnach ein Ascomyzet. Bei weitem die meisten Flechten werden von Pilzen aus der Reihe der Ascomyzeten gebildet, und ihrem Fruchtkörper nach unterscheiden wir zwei Abteilungen, nämlich eine mit flachen Fruchtkörpern wie die oben erwähnten, die Apothecien heißen, und solche mit krugförmig eingesenkten Fruchtkörpern, die wie bei den Pilzen (vergl. S. 83) Perithecien genannt werden. Letztere erscheinen an der Flechte als kleine Wärzchen mit einem Punkt oben in der Mitte, der die Ausgangsöffnung darstellt. Recht interessant ist es aber, daß auch einige Flechten von Basidiomyzeten gebildet werden, Formen, die man allerdings nur aus den Tropen kennt. Einem kleinen Baumschwamm nicht unähnlich ist die aus Brasilien bekannte Cora pavonia, ihre Oberseite sieht grünlich aus, ihre Unterseite ist hell gefärbt und wird von dem aus Basidien bestehenden Hymenium überzogen. Ja es sind auch ein paar Flechten beschrieben worden, die kleinen Bovisten analog gebaut sein sollen. Neben den Ascosporen, selten Basidiosporen, tritt nun noch eine

Art von Sporen auf, die man in Analogie mit den Spermogonien und Spermatien der Rostpilze mit den gleichen Namen bezeichnet hat. Daß es sich auch bei ihnen teilweise um entwickelungsfähige Sporen handelt, hat Alfred Möller 1887 bewiesen, indem er aus ihnen in künstlicher Kultur neue Flechten erzog. Trotzdem ist die Vermutung nicht abzuweisen, daß diese Sporen wenigstens teilweise oder ursprünglich wirkliche Spermatien d. h. männliche Befruchtungsorgane sind. Bei einigen Flechten nämlich ist beobachtet worden, daß an der jungen Fruchtanlage ein fadenförmiger Fortsatz entsteht und aus dem Thallus herauswächst, wie wir es bei der Trichogyne der Florideen kennen gelernt haben (S. 38), und daß an die Spitze des Fadens sich Spermatien ansetzen und mit ihm kopulieren: das Produkt der Befruchtung ist dann der Fruchtkörper mit den Sporenschläuchen, wie bei den Florideen das Cystocarp.

Aber nun wird man mit Recht fragen, wie sich denn aus einer Pilzspore, mag es eine Ascospore, Basidiospore oder ein sog. Spermatium sein, eine Flechte entwickeln könne, wenn diese wirklich aus Alge und Pilz bestehen soll. Die Frage ist sehr berechtigt, und in der Tat entsteht aus der Spore bei Kultur auf organischer Substanz ein Flechtenkörper, der nur den Pilzbestandteil aufweist, und dem die Algen fehlen. In der Natur aber sind die Algen, die sich an der Flechtenbildung beteiligen, weit verbreitet, und es entwickelt sich aus den unzähligen Flechtensporen, die ausgestreut werden, eben nur dann eine Flechte, wenn die Spore beim Keimen mit Algen zusammentrifft. Auf feuchten Steinen, Baumrinden oder auch Blättern kann man solche Flechtenanfänge finden, nämlich Pilz-Keimfäden, die aus den Flechtensporen herausgewachsen sind und grüne Algenzellen umwachsen haben, daneben sieht man freie Algenzellen und keimende Sporen ohne Algenzellen. Was so in der Natur vorkommt, kann man auch in der Kultur nachahmen, und so wirklich eine Flechte zusammensetzen, indem man die keimenden Flechtensporen mit solchen Algen zusammenbringt, wie sie der Flechtenart eigen sind, von der die Sporen stammen. Es ist ferner aber auch gelungen, die Algen aus dem Flechtenthallus zu isolieren, sie zur Vermehrung durch Zellteilung zu bringen ja sogar zur Bildung von Schwärmsporen, was die in der Flechte eingeschlossenen Algen niemals tun. Es sind somit alle experimentellen Beweise geliefert worden, die man verlangen

kann, um darzutun, daß die Flechten aus Pilzen und Algen zusammengesetzt sind.

Übrigens kann man in vielen Fällen, bei mikroskopischer Untersuchung der Flechte, die Algennatur der sog. Gonidien deutlich erkennen und sogar bestimmen, um welche Algen es sich handelt. Die Flechtenalgen gehören teils zu den grünen (Chlorophyceen) teils zu den blaugrünen (Cyanophyceen), meistens zu den einzelligen, seltener zu den fadenförmigen Algen. Wo letztere vorkommen, können sie geradezu die Form der Flechte bestimmen und bieten so interessante Ausnahmen zu der oben gegebenen Regel von dem Aufbau des Flechtenthallus. So kennen wir eine in den Tropen häufige Flechte, Coenogonium, deren Thallus ein Büschel verzweigter, grünlicher Algenfäden darzustellen scheint, einer Cladophora ähnlich; jeder einzelne Algenfaden ist mehr oder weniger dicht von feinen Pilzfäden umsponnen, und die von dem Pilze gebildeten Früchte sitzen als Knöllchen den Algenfäden seitlich an. Ganz analog verhält sich die auch bei uns vorkommende, winzige Strauchflechte Ephebe, deren Alge aber zu den fadenförmigen Cyanophyceen gehört. Einen etwas anderen Typus repräsentiert die bei uns nicht seltene Gallertflechte Collema, deren Thallus eigentlich eine von Pilzfäden durchzogene Nostoc-Kolonie darstellt: wir sehen auf dem Durchschnitt durch einen solchen Collemathallus deutlich die unverzweigten Nostocschnüre mit ihren Heterocysten (vergl. S. 12) und dazwischen die verzweigten Pilzfäden verlaufen. Die Algen sind hier nicht auf eine bestimmte Zone beschränkt, und so ist uns diese Flechte zugleich das Beispiel einer anderen Struktur, als wir sie anfangs kennen gelernt haben: sie hat einen gleichartigen oder homöomeren Thallus im Gegensatz zu dem oben geschilderten, aus verschiedenen Schichten bestehenden, heteromeren Thallus. Zu bemerken ist noch, daß jede Flechte in der Regel nur eine bestimmte Algenart als Gonidie besitzt.

Wenn die Pilzfäden farblos und durchscheinend sind, so schimmert das Grün der Algen, besonders wenn der Thallus feucht ist, hindurch und verleiht ihm seine Farbe, oft aber sind die Flechten mit einer besonderen Farbe versehen, und diese rührt dann von dem Pilze her. Man kennt eine Menge solcher Flechtenfarbstoffe, von denen die einen der Membran der Pilzfäden eingelagert, die anderen an ölartige Körper im Innern der Pilzzellen gebunden sind. Beispiele für solche Färbungen sind die

ziegelrote Mauerflechte (Physcia parietina), die zitronengelbe Bandflechte (Evernia vulpina), die schwarz und gelb gefelderte Landkartenflechte (Rhizocarpon geographicum) u. a. Manchmal sind die Apothecien anders gefärbt als der vegetative Thallus, wie wir es oben schon für die Hundsflechte (Peltigera canina) erwähnt haben.

Bei manchen Flechten, z. B. manchen Säulenflechten oder Cladonia-Arten ist der Thallus äußerlich körnig rauh, was daher rührt, daß sich aus der Algenschicht einzelne Gruppen von Algen mit den sie umspinnenden Pilzfäden isoliert und die Rinde durchbrochen haben. Diese Gebilde, die sich in großer Menge an der Mutterpflanze bilden und von ihr ablösen, heißen Soredien und sind vegetative Vermehrungsorgane, den Brutknospen und Brutzwiebeln höherer Pflanzen vergleichbar. Wenn die Soredien vom Wind auf ein geeignetes Substrat geführt werden, so wachsen sie weiter, indem sie sich einfach vergrößern und teilen und dabei einen sogenannten Soredialanflug bilden, oder indem sie zu wirklichen Flechten heranwachsen. Übrigens gibt es eine Vermehrung durch Soredien nicht bloß bei den Cladonien sondern auch bei vielen andern Flechten, und wir sehen darin eine Einrichtung, die gewissermaßen Abhilfe bietet gegen die Gefahr, daß die Flechtensporen bei der Ausstreuung nicht mit Algen zusammentreffen und sich also nicht wieder zu Flechten entwickeln können, denn in den Soredien sind gleich Pilz und Algen vereinigt. Aber die Natur hat zum gleichen Zwecke auch noch ein anderes Mittel gefunden, das sozusagen die Vermehrung durch Sporen und die durch Soredien verknüpft, nämlich die Bildung von Hymenialgonidien. Dieser bisher nur in wenigen Fällen beobachtete Vorgang besteht darin, daß sich Algen aus dem Flechtenthallus zwischen die Schläuche des Hymeniums drängen, bei der Entleerung der Sporen sich diesen anheften und mit ihnen zugleich ausgestreut werden.

So sind die Flechten jedenfalls gut ausgerüstet, sich zu vermehren und ihre Art zu erhalten. Sie wachsen aber außerordentlich langsam, ja sie gehören sogar zu den am langsamsten wachsenden Pflanzen: so hat man gemessen, daß sich der Rand der krustenförmigen Mauerflechte (Physcia parietina) in 6 Jahren an den begünstigsten Stellen um 26—31 mm, an den weniger begünstigten Stellen nur um 11—13 mm vorgeschoben hat, ja bei einer andern Krustenflechte (Lecidella sabuletorum)

hat man in $4^1/_2$ Jahren nur 4,5 mm Randzuwachs gemessen. Und doch spielen die Flechten trotz ihrer Kleinheit und langsamen Entwickelung keine unbedeutende Rolle in der Natur: es ist eben gerade ihre Zusammensetzung aus Algen und Pilzen, die sie befähigt, sich da anzusiedeln, wo keine andere Pflanze es vermag, nämlich auf dem nackten, glatten Gestein, aus dem die Alge allein keine Mineralstoffe entnehmen könnte, und wo der Pilz allein keine organische Nahrung finden würde. Siedeln sich aber hier Flechtensoredien an, so zersetzen die Pilzfäden die glatte Gesteinsfläche und führen, während sie von den Algen mit organischer Nahrung versorgt werden, diesen auch die Mineralstoffe zu. So bildet sich eine rauhe Gesteinsfläche, auf der angewehter Staub haften bleibt und der Flechte das Weiterwachsen erleichtert ist. Später bilden die Reste des absterbenden Flechtenthallus mit den Gesteinspartikeln und dem Staub eine dünne Humusschicht, in der Moose und andere kleine Pflänzchen Wurzel fassen können; mit den Pflanzen wird die Humusschicht stärker, und wie diese zunimmt, können auch größere Pflanzen sich dort ansiedeln, und so breitet sich über den ursprünglich glatten, nackten Fels eine dicke Schicht von Erde und mannigfaltiger Vegetation, dank den ersten Ansiedelungen unserer Flechten. Dies beobachten wir besonders im Gebirge in solchen Höhen, wo die klimatischen Verhältnisse dem Gedeihen höherer Pflanzen noch nicht so feindlich sind wie in denen, wo die Vegetation nur durch Flechten vertreten ist, und von denen wir am Anfang unseres Kapitels sprachen.

21. Kapitel.

Die Fortpflanzung bei den Pilzen.

Bereits im 14. Kapitel haben wir zu zeigen versucht, wie die Pilze im Gegensatz zu den Algen solche Sporen bilden, die Austrocknung an der Luft vertragen, dort haben wir auch darauf hingewiesen, daß es mit der vom Pflanzentypus abweichenden Ernährungsweise der Pilze zusammenhängen dürfte, wenn die sexuelle Fortpflanzung immer mehr eingeschränkt wird, zu je höheren Formen in der Entwickelungsreihe der Pilze wir gelangen. Hier soll nun eine Übersicht über die Fortpflanzungsverhältnissen gegeben und speziell die Frage nach der Sexualität in einzelnen Fällen erörtert werden.

Die Sporen der Pilze sind nur in wenigen Fällen die direkten Ergebnisse der Befruchtung, also Oosporen oder Zygosporen, dagegen sind sie in manchen Fällen infolge einer Befruchtung entstanden, wie die Carposporen der Florideen (vergl. S. 38), wohl in den meisten Fällen aber werden sie vollständig ungeschlechtlich gebildet. Ferner sind sie meistens mit Membran umgebene, unbewegliche Zellen. Schwärmsporen, die denen der Algen ähnlich sind, kommen noch vor bei den Myxomyzeten, Chytridiaceen und bei den sog. Wasserschimmelpilzen, den Saprolegniaceen, Monoblephárideen und Ancylisteen.*) Bei Allen, mit Ausnahme der Myxomyzeten, entstehen sie zu vielen aus einer größeren Zelle, dem Sporangium und haben eine Cilie (Chytridiaceen) oder zwei (die andern Gruppen). Schwärmsporen sehen wir dann noch bei den Peronosporaceen auftreten (Fig. 35), aber nur bei der Keimung der Sporen, und auch dann nur in manchen Fällen.

Schwärmzellen, die den Spermatozoidien der Algen entsprechen, sind unter den Pilzen nur bei den Monoblephárideen bekannt: in einer als Antheridium bezeichneten Zelle entstehen einige, mit einer Cilie versehene Schwärmer, die das Antheridium durch eine Öffnung verlassen und zu einer Öffnung des Oogoniums eindringen, um das eine große Ei zu befruchten. So wird eine Oospore gebildet ganz wie z. B. bei Oedogonium unter den Algen. Bei den andern Pilzen aber werden die Eier anders befruchtet, indem sich nämlich, wie oben S. 69 erwähnt, ein Hyphenast (Antheridium) an das Oogonium anlegt, durch die Membran desselben einen schnabelförmigen Fortsatz nach dem Ei treibt und durch diesen hindurch den Spermakern hinübertreten läßt. Übrigens können in einem Oogonium auch mehrere Eier gebildet werden, und dann legen sich mehrere Antheridien an das Oogonium an (Fig. 33). Wir haben auch schon oben gesehen, daß hier eine Reduktion und Aufhebung der Sexualität eintreten kann, indem der Fortsatz geschlossen bleibt, gar nicht mehr gebildet wird, und schließlich kein Antheridienast sich dem Oogonium anlegt: die Eier werdem trotz-

*) Über die Myxomyzeten vergl. Kap. 12, über die Chytridiaceen S. 65, Saprolegniaceen und Monoblephárideen S. 69 u. 71, die Ancylisteen sind eine kleine Familie, deren wenige Vertreter parasitisch in grünen Algen leben.

dem zu Oosporen, also auf parthenogenetischem Wege. Beispiele für dieses Verhalten finden wir bei den Peronosporaceen und den Saprolegniaceen.

Die Mucoraceen dagegen erinnern an die Conjugaten unter den Algen durch die oben beschriebene Bildung von Zygosporen (S. 70). Neben echten Zygosporen kommen bei den Mucoraceen auch ähnliche Sporen vor, die aus einem Copulationsast aber ohne Copulation entstanden sind, was auch hier die Reduktion in der Sexualität anzeigt. Gewissermaßen zwischen den Mucoraceen und Peronosporaceen stehen die Entomophthoraceen (S. 70): hier findet auch eine Art von Copulation statt, aber der größere Copulationsast nimmt den Inhalt des kleineren in sich auf und wird, indem er sich mit einer neuen Membran umgibt, zu einer derbwandigen Spore.

Verlassen wir die Phycomyzeten, so finden wir nun nirgends mehr, daß die befruchtete Zelle direkt zur Spore wird, aber wir finden bei den Ascomyzeten wenigstens noch Sexualorgane, durch die eine Sporenbildung bewirkt wird. Am einfachsten ist die Sache bei gewissen Hefen: zwei Zellen copulieren, der durch Verschmelzung gebildete Kern aber teilt sich wieder, jede der copulierenden Zellen erhält wieder einen Kern und bildet in sich die Sporen aus. Bei gewissen seltenen Fadenpilzen, die am Anfang der Ascomyzetenreihe stehen, wickeln sich zwei Hyphen umeinander und copulieren an der Spitze, hier findet eine Kernverschmelzung statt, und auf den zwei Hyphen erhebt sich der Schlauch (Ascus), der bei Dipodascus zahlreiche, bei Eremascus die typischen 8 Sporen bildet (Fig. 45). In der nächsten Gruppe finden wir, daß sich zwei Hyphen an einander legen, die Antheridium und Ascogonium (Schlauchbildner) genannt werden, denn aus ersterem wandert ein Kern in letzteres hinüber, und dieses bildet nach der Befruchtung den Schlauch oder die Schläuche aus. Hiervon unterscheidet sich eine weitere Gruppe dadurch, daß nicht ein männlicher Kern mit einem weiblichen Kern verschmilzt, sondern daß aus dem Antheridium zahlreiche Kerne in das Ascogon übertreten und mit dessen zahlreichen Kernen paarweise copulieren. Schließlich finden wir eine Reduktion der Sexualität insofern; als nur das Ascogon vorhanden ist, aber von keinem Antheridium befruchtet wird. Die Schläuche entstehen nun auch auf verschiedene Weise aus dem Ascogon. Im einfachsten Fall teilt sich das befruchtete

Ascogon in mehrere Zellen, und eine davon wird direkt zu dem einzigen Ascus der Frucht. Bei den anderen wachsen die Schläuche direkt aus dem Ascogon aus, oder aber es wachsen aus dem Ascogon erst Hyphen aus, an deren Ende sich die Schläuche bilden. Immer ist die junge Schlauchzelle anfangs zweikernig, dann verschmelzen die zwei Kerne, und der neue Kern teilt sich zur Sporenbildung, die in Fig. 30 dargestellt ist. Einen Sexualprozeß haben wir in der Verschmelzung der zwei Kerne nicht zu sehen, denn erstens sind die beiden Kerne offenbar nicht von verschiedener Abstammung, und zweitens kommt eine Befruchtung nicht zweimal im Laufe der Entwickelung einer Pflanze vor.

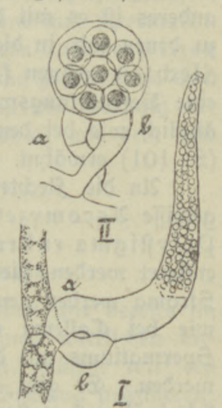


Fig. 45. Beispiele der Entstehung von Sporenschläuchen durch Copulation zweier Hyphen a und b, die nun den reifen Schlauch auf ihrem Scheitel tragen. I. Dipodascus: der lange Schlauch enthält viele Sporen. II. Eremascus: d. kugelige Schlauch enthält 8 Sporen mit dicken Membranen.

Nach diesem Verhältnis in den Schläuchen ist auch dasjenige in den Basidien der Basidiomyzeten zu beurteilen, denn in den jungen Basidien finden wir ebenfalls zwei Kerne, die verschmelzen, worauf aus dem neu gebildeten Kern vier Kerne werden, die in die Conidienanlagen auf den Sterigmen wandern. (Fig. 32) Daß die Basidien aus einem dem Ascogon analogen Organ infolge einer Befruchtung ihren Ursprung nehmen, ist in keinem Falle mit Sicherheit nachgewiesen worden, wir können demnach sagen, daß die Hauptgruppe der Basidiomyzeten eine durchaus ungeschlechtliche Fortpflanzung hat, und wir verweisen auf das, was S. 82 vermutungsweise über den Ersatz der geschlechtlichen Fortpflanzung bei der Keimung und Entwickelung angegeben worden ist.

Eine Kernverschmelzung wie in den jungen Basidien finden wir auch bei den Brandpilzen (Ustilagineen), deren Mycelzellen mit zwei Kernen versehen sind. Wenn das Mycelium zur Sporenbildung schreitet, seine Zellen sich abrunden und eine Sporenmembran bekommen, so verschmelzen die zwei Kerne in der Sporenzelle zu einem. Keimt die Brandspore von Ustilago, so bekommt jede von den vier Zellen des Vorkeims (der Basidie) einen Kern durch Teilung des Sporenkernes, und aus den Vorkeimzellen tritt der Kern in die Conidie (Basidiospore) über.

Nur bei den Rostpilzen (Uredineen) finden wir, wie oben (S. 92) kurz beschrieben, eine Copulation zweier Zellen mit Übertritt des Kernes, indessen fehlt auch hier das Charakteristische des Sexualprozesses, nämlich die Verschmelzung der Kerne. In welchem Entwicklungsstadium nun die sog. Spermatien als männliche Befruchtungsorgane eingreifen oder jemals als solche gewirkt haben könnten, bleibt unverständlich. Etwas anderes ist es mit den Spermatien bei gewissen Ascomyzeten, zu denen wir in dieser Beziehung auch die hier zu erwähnenden Flechten rechnen können. Denn daß sich bei manchen Flechten eine Befruchtungsweise mit Trichogynen und Spermatien ganz ähnlich wie bei den Florideen findet, haben wir schon oben (S. 101) erwähnt.

An die Flechten erinnernde Verhältnisse zeigen nun auch gewisse Ascomyzeten. So entstehen bei dem S. 83 erwähnten Polystigma rubrum zur Zeit, wenn die Spermatien (Conidien) entleert werden, die Anlagen der Schlauchfrüchte, d. h. in dem Stroma werden gewundene Hyphen sichtbar, die eine Trichogyne wie bei Collema nach außen treiben; die Copulation eines Spermatiums mit der Trichogyne konnte jedoch nicht konstatiert werden. Es gibt aber noch eine kleine Klasse von Pilzen, die sich in der Fortpflanzung ganz wie die Florideen zu verhalten scheinen, nämlich die nach dem französischen Entomologen Laboulbène genannten und von dem amerikanischen Botaniker Thaxter studierten Laboulbeniaceen. Sie bilden in einem kleinen Perithecium ein dreizelliges Procarp, dessen oberste Zelle sich als Trichogyne aus der Mündung herausstreckt, und in Antheridien winzige, kugelige Spermatien, die sich an die Trichogyne ansetzen. Auch hier ist es wegen der Kleinheit noch nicht möglich gewesen, eine Kernverschmelzung zu konstatieren, allein man kann kaum daran zweifeln, daß eine Befruchtung stattfindet. Die Trichogyne geht später mit der darunterliegenden Zelle zugrunde, und aus der untersten Zelle sprossen die Schläuche aus, die das erweiterte Perithecium anfüllen. Durch diese Sporenschläuche geben sich die Laboulbeniaceen als Ascomyzeten zu erkennen, während man sie sonst kaum für Pilze halten würde. Sie bestehen nämlich nicht aus Hyphen, sondern aus parenchymatischen Zellen, wie die höheren Pflanzen. Dabei stellen sie außerordentlich zierliche, gewöhnlich mit bloßem Auge eben noch sichtbare Körperchen dar. Man findet sie auf Käfern,

Fliegen und andern Insekten, in deren Körper sie nur mit einem kleinen Spitzchen eingesenkt sind, so daß sie offenbar den Tieren wenig Nahrung entziehen und wenig schaden. Man hat diese höchst merkwürdigen Pilze, die wir bei dieser Gelegenheit noch kennen lernen, geradezu von Florideen ableiten wollen, während in Wirklichkeit hier doch nur eine derartige äußere Ähnlichkeit vorliegt, wie wir sie früher für Morcheln und Hutpilze, Trüffeln und Boviste kennen gelernt haben. Trichogyne und Spermatien kommen eben nicht nur bei Florideen, sondern auch bei Pilzen und Flechten vor, ohne daß wir deshalb eine gegenseitige Verwandtschaft annehmen müßten. Jedenfalls ist die Bildung der Fortpflanzungsorgane bei den Pilzen ein Gebiet, auf dem uns noch manche Entdeckungen bevorstehen.

22. Kapitel.

Die Moose im Allgemeinen.

Eine Charakterisierung der Moose haben wir bereits im ersten Kapitel gegeben. Bevor wir zu einer wirklichen Beschreibung dieser Pflanzengruppe übergehen, müssen wir erst noch die ihr im Pflanzensystem zukommende Stellung präzisieren: bilden die Moose doch den Anfang der großen Reihe, der alle Pflanzen, außer den Thallophyten, angehören, der Reihe der Archegoniaten, so genannt nach dem Eibehälter, Archegonium, der bei den Thallophyten, speziell den Algen, Oogonium hieß. In Wirklichkeit aber sind noch ganz andere verwandtschaftliche Beziehungen vorhanden. Vor allen Dingen finden wir von den Moosen an aufwärts einen Generationswechsel, und zwar derart, daß aus der ungeschlechtlich erzeugten Spore eine geschlechtliche Generation hervorgeht, die Archegonien und Antheridien produziert, während aus dem im Archegonium befruchteten Ei wieder die ungeschlechtliche, sporenbildende Generation entsteht. Bei Moosen und Farnen ist dieser Generationswechsel noch deutlich, bei den sog. Phanerogamen jedoch ist er nur durch die Vergleichung mit den höheren Gefäßkryptogamen nachzuweisen.*) Hier soll zunächst noch darauf hingewiesen werden, daß die Moospflanze die geschlechtliche Generation ist, also Archegonien und Antheridien trägt, die Farnpflanze aber

*) Vgl. Giesenhagen (a. a. O.) p. 70ff, p. 85, p. 89.

die ungeschlechtliche Generation ist, denn sie erzeugt die Sporen; wo die Archegonien und Antheridien bei den Farnen und ihren nächsten Verwandten zu suchen sind, werden wir später sehen. Wer nicht Botaniker von Fach ist, hat die geschlechtliche Generation der Farne überhaupt noch nicht kennen gelernt, von den Moosen aber hat gewiß schon mancher, der mit Aufmerksamkeit durch den Wald gegangen ist, wenigstens die Antheridienstände gesehen. Besonders bei dem großen Haarmoos oder dem gemeinen Widerton (Polytrichum commune) bemerkt man im Frühling eine Art von Blüten, die umsomehr auffallen, als sie bei dem rasenbildenden Moos in großer Anzahl auftreten. Der mit grünen Blättern besetzte Stengel erweitert sich oben zu einem flachen Körbchen, das mit rötlichen Schuppenblättern angefüllt ist und zwischen ihnen die einzeln stehenden, grünlichen Antheridien enthält. Diese selbst sieht man freilich erst, wenn man die Blüte zerzupft und mit der Lupe betrachtet. Viel schwerer wahrzunehmen sind bei diesem zweihäusigen Moos die Archegonienstände, da sie nicht auffallend von einer vegetativen Endknospe verschieden sind. Überhaupt gibt es unter den Laubmoosen nur sehr wenige, bei denen der Ungeübte die Archegonien äußerlich erkennt, bei denen also sozusagen deutliche weibliche Blüten vorkommen. Die Form des einzelnen Antheridiums und Archegoniums erkennen wir nur bei stärkerer Vergrößerung. Das Antheridium ist gewöhnlich eine kurz gestielte, eiförmige Kapsel, die innerhalb einer dünnen Wand zahlreiche kleine Zellen einschließt (Fig. 46 I), deren jede eine bewegliche Befruchtungszelle (Antherozoid) liefert, wie wir sie schon in den Antherozoidien der Algen kennen gelernt haben. Die der Moose sind ähnlich wie die der Characeen gestaltet, also langgestreckt, schraubig gewunden und mit zwei Cilien an der Spitze versehen (Fig. 46 II). Das Archegonium ist ein flaschenförmiger Körper und besteht im Gegensatz zum einzelligen Oogonium der Algen aus zahlreichen Zellen: seine Wand ist also eine ganze Zellenschicht (Fig. 46 III). Im unteren, dickeren Teil liegt das Ei, der Hals öffnet sich an der Spitze, und durch ihn können die Antherozoidien zum Ei gelangen, um es zu befruchten. Die Entwickelung dieser Organe werden wir später kennen lernen; hier soll nur das Schema, vor allem das der ungeschlechtlichen Generation gegeben werden und zwar mit Hülfe der Fig. 47, die sich auf ein dem genannten Widerton ähnliches Laubmoos

bezieht. Wir sehen in A bei ar ein Archegonium, das in seinem unteren Teil das Ei enthält. Nach seiner Befruchtung teilt es sich in Zellen und wird zu einem Gewebekörper wie in B. Dieser Gewebekörper wird größer und dehnt dabei den Bauchteil des Archegoniums aus, dessen Hals auf der Spitze emportragend, wie wir dies in A sehen: spg. ist der keulenförmige, jetzt schon vielzellige Körper, aus dem sich dann das Sporogonium oder die ungeschlechtliche Generation in der Weise differenziert, daß der untere Teil zum Stiel, der obere zur Kapsel wird. Das nächste Stadium, D, ist sehr viel weniger vergrößert als A, das Sporogon ist in Wirklichkeit bei D vielleicht 20mal so lang als bei A: dieser Streckung hat der Bauchteil des Archegoniums nicht folgen können; er ist gerissen und der obere Teil auf der Spitze des Sporogons emporgetragen worden, wie das bei vielen Laubmoosen geschieht, man nennt ihn dann die Mütze oder Haube. (Calyptra, cal. in D.) Der unterste Teil des Stieles (st), der sog. Fuß sitzt also nur wie ein in den Boden gesteckter Pfahl in dem Laubmoos; der Stiel mit der Kapsel ist nicht ein Ast oder eine Fortsetzung des Stengels, sondern kann fast immer mehr oder weniger leicht aus dem Stengel herausgezogen werden.*) Das Sporogonium, das also bei den Moosen die ungeschlechtliche Generation darstellt, verhält sich zu der Moospflanze, d. h. der geschlechtlichen Generation, besonders in Hinsicht auf die Ernährung, wie ein Parasit zu seiner Nährpflanze. Von der Entstehung der Moospflanze aus der Spore sei hier nur soviel gesagt, daß bei der Keimung der Spore zunächst ein sog. Vorkeim oder ein Proto-

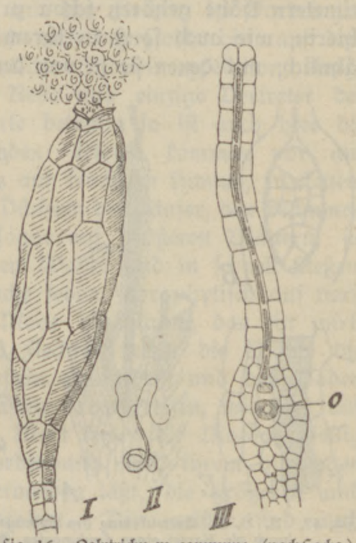


Fig. 46. Polytrichu m commune (nach Sachs.) I. Ein Antheridium, an der Spitze treten die Spermatazoidien heraus. II. Ein einzelnes Spermatazoid mit zwei Wimpern. III. Ein Archegonium im Längsschnitt; 0 die Eizelle.

*) Die anderen Teile der Figur werden in Kap. 27 erklärt.

nema gebildet wird, aus dem die Moospflanze oder mehrere Moospflanzen aussprossen. In der Hoffnung, daß diese Angaben zunächst genügen, um sich einen Begriff von dem Verhältnis der beiden Generationen zu machen, wollen wir jetzt noch einiges Allgemeine über die Moose sagen.

Die Moose sind kleine Pflanzen, solche von mehreren Zentimetern Höhe gehören schon zu den großen. Sie verhalten sich hierin, wie auch sonst in ihrem Auftreten, vielfach den Flechten ähnlich, mit denen sie ja von den Unkundigen immer verwechselt

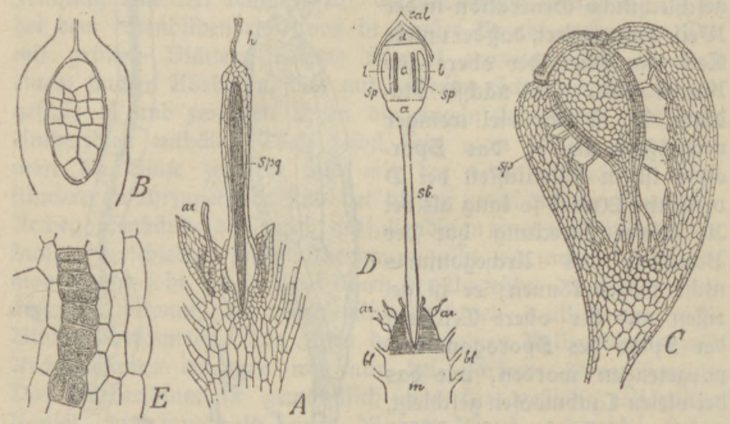


Fig. 47. A, B, D, Entwickelung des Sporogoniums bei einem Laubmoos. C, Längsschnitt durch die Kapsel eines Laubmooses, E ein Teil von C. Erklärung im Text.

werden, obwohl bei ein wenig Aufmerksamkeit eine Flechte immer leicht von einem Moos zu unterscheiden ist. Die Moose haben, auch wenn ihr Körper nur als Thallus, nicht als beblätterter Stengel ausgebildet ist, die grüne Farbe und Beschaffenheit eines Blattes, während die Flechten trocken und nicht rein grün sind. Eine Ausnahme machen nur gewisse Moose, die an sehr trockenen Stellen wachsen: sie sind trocken und mehr grau oder braun als grün von Farbe, aber gerade diese haben immer beblätterte Stengel, was die Flechten niemals haben. Wie an trockenen, so können die Moose auch an feuchten Stellen wachsen, ja wir können sagen, daß sie sich so verschiedenartigen Existenzbedingungen anpassen und eine so weite Verbreitung haben wie keine andere Abteilung des Pflanzenreichs. Nirgends, wo überhaupt Vegetation möglich ist, fehlen

die Moose gänzlich. Ihre stärkste Entwicklung zeigen sie in feuchten Gebirgsgegenden; so bringt auch Neuseeland, das Land der Farne, die üppigste Moosflora mit Riesenformen hervor. Moose finden sich aber auch in den Wäldern der Ebene, auf Wiesen, auf Feldern, in der Steppe und Heide, besonders in den als Tundren bezeichneten Gebieten der arktischen Zone neben den Flechten (vgl. S. 98), sie wetteifern mit den Flechten im Vordringen auf die Höhen der Gebirge und nach den Polen hin: auf dem Gausberg z. B. fand die deutsche Südpolarexpedition einige Moose und Flechten als letzte Reste und einzige Vertreter der Vegetation. Was die Standorte betrifft, so ist auch hier die größte Mannigfaltigkeit vorhanden: Moose kommen vor auf dem verschiedenartigsten Boden, auf feuchtem Humus, trockenem Sand, auf Felsen, Mauern, den Dächern der Häuser, den Stämmen der Bäume, in den Tropen sogar auf größeren Blättern, sie wachsen im Sumpfe, im ruhigen Wasser und in schnell fließenden Bächen und Flüssen, manche leben saprophytisch auf tierischen Exkrementen, aber kein Moos ist bekannt, das ein wirklicher Parasit wäre. Mit den Flechten teilen die Moose die Fähigkeit, sich auf nacktem Gestein anzusiedeln und den Boden für größere Pflanzengenossenschaften vorzubereiten, wie dies auf S. 104 geschildert worden ist. Meist treten die Moose gesellig auf, ein Umstand, der, in Verbindung mit ihrem niedrigen Wuchs, sie viele Gefahren vermeiden läßt, die größeren und einzeln wachsenden Pflanzen drohen. Die meisten sind auch perennierend und das ganze Jahr grün, ihre Fortpflanzungsorgane freilich entwickeln sie zu bestimmten Zeiten, und nur einzelne Arten kann man das ganze Jahr über mit Kapseln antreffen, sogar im Winter. Der Moossammler braucht also, wenn nicht gerade der Schnee alles bedeckt, seine Tätigkeit kaum jemals ganz einzustellen. In einem Moosherbarium kann auf kleinem Raum eine vollständige Pflanze aufbewahrt werden, und kann eine Fülle der zierlichsten Formen vereinigt werden, die zudem meistens ihr schönes Grün lange Zeit bewahren. Um die Moose zu bestimmen, muß man freilich ausführlichere Werke benutzen (vgl. S. 4), hier wollen wir nur die einzelnen Familien kurz charakterisieren.

Vor allen Dingen muß man wissen, daß die Moose in zwei Hauptklassen, in L a u b - und L e b e r m o o s e eingeteilt werden. Der wissenschaftliche Unterschied liegt wesentlich in der Beschaffen-

heit der Kapseln, aber auch die Moospflanze selbst läßt schon erkennen, ob sie ein Laub- oder Lebermoos ist. Diejenigen Lebermoose, die der Abteilung den Namen gegeben haben, besitzen einen Körper, der flachlappig ist und in der Gestalt einigermaßen an eine Leber erinnert. Solche Formen kommen niemals bei den Laubmoosen vor, dagegen hat ein großer Teil der Lebermoose (im wissenschaftlichen Sinne) beblätterte Stämmchen, wie sie alle Laubmoose besitzen, so daß man schon genauer auf die später angegebenen Eigenschaften achten muß, wenn man ein Moos, das an einem Stengel Blätter trägt, richtig als Laub- oder Lebermoos erkennen will. Worin diese Unterschiede bestehen, wird uns Kap. 24 zeigen, das nächste Kapitel aber soll uns mit einem Lebermoos, das jedermann als solches erkennen kann, bekannt machen.

23. Kapitel.

Das gemeine Lebermoos.

Die Bezeichnung Lebermoos stammt aus einer Zeit, in der man den Pflanzen an ihrer Gestalt abzusehen suchte, welche Heilkräfte sie hätten, in der man Pflanzen mit herzförmigen Blättern für heilsam bei Herzkrankheiten ansah u. dergl. Der lappige Thallus, wie ihn uns die Figuren 48—50 von dem gemeinen Lebermoos (Marchantia polymorpha) zeigen, wurde mit den Lappen der Leber verglichen. Darum heißt auch ein nahe verwandtes Moos Fegatella conica, vom italienischen fegato (=Leber).

Wir würden besser von der Pflanze sagen, daß sie einen breit-bandförmigen, wiederholt gabeliggeteilten Thallus besitzt, dessen wachstumsfähige Zellen in der Einkerbung des vorderen Endes liegen, daß der Thallus auf der unteren Seite mit Wurzelhaaren am Boden befestigt ist und auf der oberen, lebhaftgrünen Seite eine Längsfurche in der Mitte zeigt und eine Zeichnung besitzt, die von lauter rhombischen, in ihrer Mitte mit einem Punkt versehenen Feldern gebildet wird. Diese Zeichnung ist bei Fegatella mit bloßem Auge, bei der Marchantia, die zwar häufiger aber kleiner ist, nur mit der Lupe zu erkennen; beide Moose finden wir an Rändern von Bächen und and an anderen feuchten Stellen. Machen wir einen Querschnitt durch den Thallus, so sehen wir, daß der untere, dickere Teil

aus einem rundlichen, farblosen Parenchymgewebe gebildet wird; von diesem erheben sich kurze, manchmal verzweigte, chlorophyllführende Fäden, die das Assimilationsgewebe darstellen und von einer einschichtigen Epidermis überspannt werden. Die Epidermis ist mit dem unteren Parenchym durch Wände verbunden, die den Grenzen der rhombischen Felder entsprechen: es werden also rhombische Kammern gebildet, in denen sich das Assimilationsgewebe befindet, und jede Kammer ist oben in der Mitte mit einer Öffnung versehen, die dem von außen sichtbaren Punkte entspricht und als Spaltöffnung bezeichnet werden kann, wenn sie auch etwas anders gebaut ist als die Spaltöffnungen der höheren Pflanzen. Ferner sehen wir noch auf der Unterseite des Thallus dünne Schuppen entspringen und lange, einzellige Schläuche, die als Wurzeln fungieren und einen dichten Filz bilden. Bei Marchantia kann man auch die Vermehrungsorgane leicht beobachten. Hauptsächlich nämlich vermehrt sie sich durch Brutknospen, die in zierlichen Becherchen auf der Oberfläche des Laubes gebildet werden (Fig. 48 A). Die reifen Brutknospen (Fig. B), als grüne Pünktchen mit bloßem Auge erkennbar, sind flach und in der Mitte eingeschnürt; wenn sie auf feuchte Unterlage kommen, wachsen sie zu einem neuen Thallus aus, sie sind aber rein vegetative Vermehrungsorgane und haben mit dem Generationswechsel nichts zu tun. Bei einer verwandten Art, die in unsern Gewächshäusern häufig ist, sind die Brutknospenbehälter nicht becher- sondern halbmondförmig, und die Gattung heißt deshalb L u n u l a r i a (von Lunula, das Möndchen).

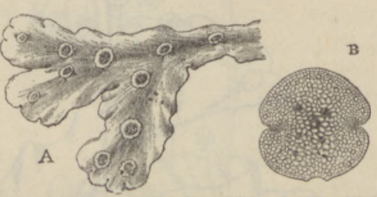


Fig. 48. Marchantia polymorpha. A Ein Stück des Mooses mit Brutbechern (nat. Gr.). B Eine Brutknospe aus einem solchem Becher (stärker vergrößert.)

Die G e s c h l e c h t s o r g a n e entstehen im Frühling und Sommer, und die Rasen von M a r c h a n t i a sind oft ganz bedeckt von ihnen. Antheridien und Archegonien bilden sich aber nicht direkt auf dem Laube, sondern auf besonderen, in eigentümlicherweise umgebildeten Thallusästen, die nach oben wachsen und je nach dem Geschlecht verschieden gestaltet sind. Die Antheridienstände tragen auf einem niedrigen Stiel eine Scheibe, die am Rande nur eingekerbt ist, die Archegonienstände zeigen

auf einem höheren Stiel eine Anzahl von freien Strahlen. Mit dieser äußeren Beschreibung und der Hinweisung auf die Figg. 49 und 50 müssen wir uns hier begnügen, da die Art und Weise, wie diese Gebilde zustande kommen, gar nicht einfach ist und nur mit vielen Worten und Figuren klar gemacht werden könnte. Wie und wo aber die Geschlechtsorgane sich auf ihren Trägern bilden, das müssen wir noch mit einigen Worten beschreiben. Die Antheridien sitzen in Vertiefungen auf der Oberseite der flachen Scheibe und zwar derartig eingesenkt, daß nur ein kleines Loch über ihrem Scheitel bleibt. Sie selbst haben die oben geschilderte Gestalt, und die Antherozoidien gelangen durch die Mündung der Grube auf die Oberfläche der Scheibe. Man kann dies hervorrufen, indem man einen Tropfen Wasser auf die Scheibe bringt, wenn deren Antheridien reif sind: dann sieht man alsbald den Tropfen sich milchig trüben. Ein wenig dieser Flüssigkeit, unters Mikroskop gebracht, zeigt uns die winzigen Antherozoidien in wimmelnder Bewegung, jedes besteht aus einem etwas schraubenförmig gedrehten Körper, der am vorderen Ende zwei Cilien trägt (Fig. 46 II).



Fig. 49. Marchantia polymorpha (nach Kny). Ein Stück des Laubes mit einem erwachsenen männlichen Hut, drei ganz jungen solchen Hüten und zwei Brutbechern.

Die Archegonien werden wie die Antheridien auf der Oberseite der Sprosse angelegt, beim weiteren Wachstum aber werden sie auf die Unterseite verschoben und bilden hier auf jedem Strahl eine Gruppe, die von zwei gelappten, bandförmigen Auswüchsen eingefaßt wird. Die Archegonienhälse stehen nach unten, sie könnten somit schwerlich von den Antherozoidien erreicht werden, wenn nicht die Stiele der ganzen Archegonienstände sich so strecken würden, daß die Archegonien über die Antheridienstände erhoben werden und nun von untenher, besonders bei auffallendem Regen, mit den Tropfen bespritzt

werden können, in denen sich, wie oben gesagt, die Antherozoidien auf den männlichen Scheiben ansammeln.

Das befruchtete Ei umgibt sich mit einer Membran, teilt sich und wird ein Gewebekörper, in dem sich frühzeitig ein nach der Basis des Archegoniums gerichteter Stielteil und ein nach dem Scheitel gerichteter Kapselteil unterscheiden läßt. Der letztere bildet eine einschichtige Wand und ein inneres Gewebe, dessen Zellen teils durch Vierteilung zu den Sporen, teils zu den sog. Schleuderzellen oder Elateren werden. Diese sind wurmförmige Zellen mit spiraliger Verdickung und ohne Zellinhalt. Das läßt sich alles schon unterscheiden, solange noch die Kapsel mit dem Stiel, das sog. Sporogonium, in dem Archegonium eingeschlossen ist, um das sich unterdessen eine zierliche Manschette ausbildet. Schließlich streckt sich der Stiel der Kapsel, das Archegonium reißt seitlich auf, und die Kapsel wird hervorgehoben. Auf der Unterseite eines weiblichen Schirmes entstehen in der Regel mehrere Kapseln, die als gelbe Knöpfchen sichtbar werden. Nun öffnen sich die Kapseln, indem vier Risse von einem Scheitelpunkt entstehen: die Kapsel springt also mit vier Klappen auf. Präpariert man eine solche geöffnete Kapsel heraus, so erscheint sie unter dem Mikroskop wie eine Blüte mit vier gelben, unten verwachsenen Blütenblättern auf einem weißen Stiel, der etwa so lang wie die Blüte ist (Fig. 50 II). Die Sporen und Schleuderzellen werden aus der Kapsel entleert (Fig. 50 III); natürlich sind nur die ersteren keimungsfähig und die letzteren dienen nur dazu, daß die Sporen sich nicht zusammenballen, sondern möglichst auseinander gestreut werden. Bei der Keimung der Spore entsteht zunächst ein Faden und dann eine Art Scheibe an dessen



Fig. 50. Marchantia polymorpha (nach Kny). I. Ein Stück des Laubes mit weiblichen Hüten in verschiedenem Alter. II. Die geöffnete Kapsel, aus der Sporen und Schleuderzellen herauskommen. III. Eine Schleuderzelle und drei Sporen.

Ende; dies ist der Vorkeim oder das Protonema, aus dem erst die eigentliche Moospflanze hervorsproßt. Hier, wie bei allen Lebermoosen entsteht an einem Vorkeim nur ein Pflänzchen, während bei den Laubmoosen der Vorkeim ausgedehnter ist und mehrere Pflänzchen bilden kann. Doch davon später, wir haben es bis jetzt nur mit den Lebermoosen Fegatella und Marchantia zu tun gehabt, die, wie die auch genannte Lunularia und einige andere Gattungen, die höchstentwickelte Gruppe der Familie der Marchantiaceen bilden. Bei gewissen Unterschieden im einzelnen stimmen sie besonders darin überein, daß sie getrennte männliche und weibliche Blütenstände bilden, die aus einem ganzen, strahlig verzweigten Sproßsystem bestehen. Die anderen Gruppen der Marchantiaceen unterscheiden sich besonders durch die andere Beschaffenheit der weiblichen Blütenstände, in denen sich ein allmählich komplizierter werdender Bau erkennen läßt. Hierin sowie in der oben geschilderten hohen Differenzierung des Laubes zeigt es sich, daß wir es mit einer relativ hochstehenden Familie der Lebermoose zu tun haben. Sie bilden sozusagen das Ende einer kurzen, von den einfachsten Formen ausgehenden Reihe. Jene einfache Gruppe und die anderen Gruppen der Lebermoose wollen wir im nächsten Kapitel kennen lernen.

24. Kapitel.

Die verschiedenen Familien der Lebermoose.

Der Begründer des wissenschaftlichen Studiums der Kryptogamen, Micheli, im Anfang des 18. Jahrhunderts Botaniker in Florenz, hat nach seinem Landsmann, dem florentinischen Senator Ricci, ein kleines Moos Riccia genannt. Diese Gattung und die kleine Familie der Ricciaceen ist für uns deshalb wichtig, weil sie die einfachsten Moose und besonders die einfachste Form der ungeschlechtlichen Generation darstellt. Verschiedene Riccia-Arten bilden einen rosettenförmigen Thallus, der wie bei Marchantia gabelig geteilt ist, und dessen Zweige an der Spitze weiterwachsen (Fig. 51 A). Der Thallus ist aber viel einfacher gebaut als bei Marchantia und zeigt nicht die für diese charakteristische Felderung mit den Poren. Die Antheridien und Archegonien, auf verschiedenen Pflanzen stehend, sind ganz im Thallusgewebe eingesenkt, so daß die Hälse der

Archegonien nur an der Spitze hervorsehen, und die Antheridien sich durch eine Lücke im Gewebe über ihrem Scheitel nach außen öffnen (Fig. 51, B, C). Wenn das Ei befruchtet ist, entwickelt sich keine eigentliche Kapsel, sondern der Bauchteil des Archegoniums vergrößert sich und vertritt die eigene Wand des Sporogoniums, die anfangs zwar angelegt wird, aber bei der Reife der Sporen wieder zugrunde geht. Ein Stiel bildet sich überhaupt nicht, sondern das Sporogonium bleibt in dem Thallus eingeschlossen (Fig. 51 D). Die Sporen entstehen in verhältnismäßig geringer Anzahl, sind aber ziemlich groß, sie werden dadurch frei, daß der Thallus aufreißt und verwittert. Schleuderzellen werden neben den Sporen hier nicht gebildet. Archegonien und Antheridien also sind wie bei den anderen Moosen gebaut, und ein Generationswechsel ist vorhanden, aber ganz offenbar steht Riccia durch die einfache Ausbildung des Sporogons auf der untersten Stufe der Moose. Wir könnten nun zeigen, wie allmählig das Sporogon immer mehr aus dem Thallus herausgehoben und selbständiger wird, wie auch der Bau des Thallus komplizierter wird, und wie

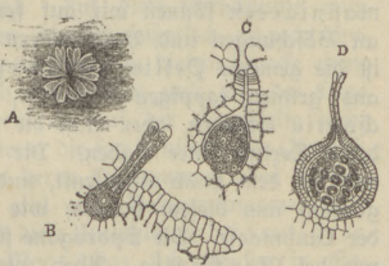


Fig. 51. Riccia. A. Das Moos von oben, schwach vergr. B. Schnitt durch den Thallus mit einem Archegonium. C. Ein junges, im Thallus eingesenktes Antheridium. D. Längsschnitt eines Archegoniums, in dessen Bauchteil ein junges Sporogonium eingeschlossen ist.

sich auf diese Weise von den Ricciaceen die Marchantiaceen ableiten lassen, deren höchstentwickelte Form, wie schon erwähnt, die im vorigen Kapitel ausführlich beschriebene Marchantia ist. Eine andere Reihe von Lebermoosen, deren Zusammenhang mit Riccia weniger deutlich ist, heißt nach dem Gießener Professor der Botanik, Ludwig Jungermann († 1653) Jungermanniaceen. Abgesehen von einigen auch sonst abweichenden Formen, ist bei ihnen ein größeres, aus Stiel und Kapsel bestehendes Sporogon vorhanden. Die einfacheren Formen haben einen „leberförmigen" Thallus, die höherstehenden sind deutlich in Stengel und Blätter gegliedert. Die Kapsel springt mit vier Klappen auf, und ihr Inhalt besteht aus Sporen und Schleuderzellen. Bei jenen erwähnten

abweichenden Formen (sie heißen Riella und Sphaerocarpus) springt die Kapsel nicht mit vier Klappen auf, und sind keine eigentlichen Schleuderzellen, sondern nur sterile Zellen als deren Andeutung vorhanden. Deswegen und auch ihres Thallus wegen kann man sie als Übergang von den Ricciaceen zu den echten Jungermanniaceen betrachten, so daß also von ersteren zwei divergierende Reihen ihren Ursprung nehmen, deren eine mit Marchantia abschließt, und deren andere sich zu beblätterten Formen erheben, die äußerlich den Laubmoosen sehr ähnlich sind. Schließlich läßt sich von den Ricciaceen vielleicht noch eine dritte Gruppe ableiten, die Anthoceroteen, die wir zuletzt besprechen wollen.

Einen Vertreter der unbeblätterten oder thallosen Jungermanniaceen können wir auf feuchtem Waldboden, besonders an Böschungen und Bachrändern ziemlich häufig auffinden: es ist die gemeine Pellie (Pellia epiphylla). Ihr Laub besteht aus grünen, lappigen Blättchen, die einigermaßen an Marchantia erinnern, aber nicht die regelmäßige Verzweigung und derbe Textur jener haben. Die Antheridien und Archegonien sind in dem Laub eingesenkt, und so kommt auch das Sporogonium aus diesem heraus, wie die Kapsel aus dem Stamm der Laubmoose. Die Sporogone stehen einzeln, nicht in Ständen wie bei Marchantia. Aber wie bei dieser läßt sich an dem jungen Sporogon Stiel und Kapsel schon unterscheiden, ja es ist der Inhalt der Kapsel schon ganz ausgebildet, während sie noch von dem vergrößerten Archegonium umschlossen ist. Dann strecken sich die anfänglich kurzen Stielzellen durch rasches Wachstum so sehr, daß der Stiel eine Länge von mehreren Zentimetern erreicht. Dafür ist er aber auch durchsichtig, farblos und rasch vergänglich, wenn die kleine Kapsel an seinem Ende, die im geschlossenen Zustande einem braunen Kügelchen gleicht, sich geöffnet und ihren Inhalt, Sporen und Schleuderzellen, entleert hat.

Nun gibt es andere Formen aus der Verwandtschaft der Pellia, also unter den thallosen Jungermanniaceen, bei denen die Thallusränder blattartige Lappen bilden: wird dabei der mittlere Teil eines solchen Thallus immer schmäler, so entsteht ein Stengel, der auf beiden Seiten Blätter trägt, also zweireihig beblättert ist. Diese Beblätterungsweise ist so charakteristisch für die als foliose bezeichneten Jungermanniaceen,

daß wir sie gerade daran von den ihnen ähnlichen Laubmoosen unterscheiden können. Ihre Blätter sind außerdem niemals mit einer Mittelrippe versehen und immer in zwei Lappen gespalten, was allerdings bei manchen nur am ganz jungen Blatt, aber nicht mehr am ausgewachsenen zu erkennen ist. Die Blätter sind an dem Stengel nicht dessen Achse parallel angeheftet, sondern etwas schräg, und diese schräge Linie steigt entweder nach dem vorderen oder nach dem hinteren Ende des Stengels zu in die Höhe, wenn wir den Stengel von der Seite betrachten. Im ersteren Falle wird, wenn sich die Blätter etwas übereinander schieben, der hintere Teil des vorderen Blattes von dem vorderen Rande des hinteren Blattes gedeckt: man nennt dann die Blätter oberschlächtig, im entgegengesetzten Falle heißen sie unterschlächtig (Fig. 52, I, II). Auf diese Verhältnisse muß man achten, wenn man die Arten, die sich äußerlich oft recht ähnlich sehen, bestimmen will. Ferner muß man zu diesem Zwecke einen Zweig mit der Unterseite nach oben legen und mit der Lupe oder dem Mikroskop untersuchen, ob auf der Bauchseite nicht noch eine dritte Reihe von Blättern, die sog. Unterblätter (Amphigastrien), vorhanden sind denn deren Vorkommen oder Fehlen, sowie ihre Gestalt und Größe gibt auch Bestimmungsmerkmale ab. Sehr deutlich sehen wir z. B. diese Unterblätter bei Frullania dilatata (Fig. 52III), einem Moos, das sich häufig in Gebirgsgegenden an der Rinde von Bäumen findet und durch seine bräunlichviolette Farbe auffällt. Es ist noch durch eine andere Eigenschaft interessant, dadurch nämlich, daß bei den oberschlächtigen Blättern der untere Lappen sich zu einem kappenförmigen, hohlen Gebilde gestaltet, dessen Mündung nach hinten gerichtet ist, wie die Figur zeigt. Wahrscheinlich dienen diese Organe als Wasserbehälter und Reservoire für die Zeit der Trockenheit. Die Antheridien und Archegonien bilden besondere Stände an den Enden der Äste: manchmal sind beide Organe in einem Stande vereinigt, manchmal sind die Stände rein männlich oder weiblich und dann die Pflanzen ein- oder zweihäusig. Die Sporogonbildung entspricht ganz der von Pellia, aber die gestielte Kapsel steht immer am Ende eines Sprosses, und wenn sie an dem Hauptsproß seitenständig zu sein scheint, so steht sie am Ende eines kurzen Seitenzweiges. Der Stiel wird an seinem Grunde immer von zwei Hüllen umgeben; die äußere, das Perichaetium, besteht aus den Blättern, die den

Archegonienstand umgeben haben, die innere, das Perianthium, entwickelt sich erst infolge der Befruchtung um das heranwachsende Sporogon: wir sehen diese Gebilde in Fig. 52IV dargestellt.

Die beblätterten Jungermanniaceen sind im allgemeinen kleine, sehr zierliche Pflanzen, die man häufig zwischen größeren Laubmoosen findet, und die nur an sehr feuchten Standorten vorkommen. In dem feuchten Neuseeland finden sich auch auffallend große Formen, z. B. Plagiochila gigantea, die 30 cm hoch wird und zu den schönsten aller Lebermoose gehört. Haben wir nun auch in den gemäßigten Zonen nicht solche prachtvolle Formen, so verdienen doch auch die unsrigen, daß man sie wegen ihrer großen Zierlichkeit beachtet, und sich mit ihnen soweit beschäftigt, um wenigstens ihren Bau und ihre Entwickelung kennen zu lernen.

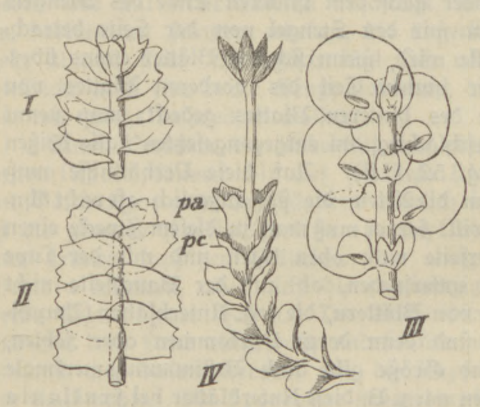


Fig. 52. Jungermanniaceen. I. Jungermannia inflata, Stück des Stengels von oben mit unterschlächtigen Blättern. II. Mastigobryum trilobatum, ebenso mit oberschlächtigen Blättern. III. Frullania dilatata, von unten, an jedem Blatt der helmförmige Lappen und auf der Bauchseite des Stengels drei sogenannte Amphigastrien. IV. Alicularia scalaris: Ende des Stengels mit der aufgesprungenen Kapsel an der Spitze, pa das Perianthium, pc. Perichaetium. (I—III nach Leunis-Frank, IV. nach Migula).

Zu den Lebermoosen rechnen wir schließlich auch die schon oben erwähnten Anthoceroteen. Unser Fruchthorn, Anthoceros, erinnert im Aussehen des Thallus etwas an Pellia und ist ein kleines, leicht zu übersehendes Pflänzchen, das hie und da auf feuchtem Boden gefunden wird. In fruchtendem Zustande ist es sogleich an der eigentümlichen Form seines Sporogons zu erkennen, das sich anfangs wie ein gerades Horn von dem Laube in die Höhe hebt, bei der Reife aber sich mit zwei Klappen öffnet und einen stabförmigen Körper in der Mitte stehen läßt, so daß man einigermaßen an die Schote eines Kreuzblütlers erinnert wird. Zwischen den Klappen werden

die Sporen frei und bleibt ein Netzwerk von sterilen Zellen zurück. Besonders merkwürdig an dem Sporogon ist der Umstand, daß es unten noch im Wachstum und in der Ausbildung begriffen sein kann, während es oben schon geöffnet ist und reife Sporen hat. Dadurch, sowie durch die stärkeren Wände der Kapsel, steht es auf einer höheren Stufe als die Sporogone der anderen Lebermoose, mit denen es nur die Ausbildung von sterilen Zellen neben den Sporen gemeinsam hat.

Wir können also jetzt als Merkmale der Lebermoose anführen, daß ihr Körper teils ein ungegliederter Thallus, teils ein zweireihig beblätterter Stengel ist und Übergänge zwischen beiden Formen vorkommen, daß ferner das Sporogonium in Stiel und Kapsel gegliedert ist und aus dem Archegonium hervortritt (wovon wieder die Ricciaceen eine Ausnahme bilden), und daß schließlich die Kapsel innerhalb der dünnen Wand nur die Sporen (Ricciaceen) oder Sporen und Schleuderzellen enthält; nur bei den Anthoceroteen bleibt ein steriles Gewebe in ihr zurück, wie es für die Laubmoose die Regel ist. Die Sporen bilden bei der Keimung einen einfachen oder rudimentären Vorkeim, an dem nur ein Moospflänzchen entsteht.

Die Lebermoose haben für den systematischen Botaniker, der ihre Verwandtschaftsverhältnisse zu erforschen sucht, viel Interesse und zeigen auch in biologischer Hinsicht einzelne interessante Erscheinungen. Sonst aber, besonders in der Vegetation und in der Lebensgemeinschaft mit anderen Pflanzen, haben die Lebermoose bei weitem nicht die Bedeutung wie die Laubmoose, was wir sogleich an der im nächsten Kapitel zu behandelnden Gruppe derselben sehen werden.

25. Kapitel.

Die Torfmoose.

Am Rande von Sümpfen und auf sumpfigen Wiesen treten die bekannten grünlich-weißen Polster auf, die von verschiedenen Arten der Gattung Sphagnum, Torfmoos, gebildet werden. Zieht man ein einzelnes Pflänzchen heraus, so findet man unten keine Wurzel wie an einer Blütenpflanze, sondern der untere Teil ist gebräunt und abgestorben, es verhält sich also wie der kriechende Wurzelstock mancher Pflanzen, der an der Spitze weiterwächst und am unteren Ende abstirbt. Bei den Torf-

moosen wandeln sich diese absterbenden Teile unter dem Einfluß der Humussäuren des Bodens oder Sumpfwassers in Torf um, an dessen Bildung sich auch die holzigen Teile anderer Pflanzen, die auf dem Sumpfe wachsen, beteiligen. Die Torfmoose sind aber immer der Hauptbestandteil des Torfes und haben daher ihren Namen.

Untersuchen wir eine solche Moospflanze näher, so finden wir einen Hauptstengel, von dem Zweige abgehen; einen Teil der Zweige sehen wir sich abwärts dem Stengel anlegen, die andern stärkeren Zweige frei abstehen oder ein Büschel an der Spitze des Stengels bilden. Die Zweige sind mit schuppenartig übereinanderliegenden, lanzettförmigen Blättern bedeckt, und von diesen Blättchen müssen wir eines unter dem Mikroskop genauer ansehen, denn ihr Bau erklärt uns die ganze Lebensweise der Torfmoose. Wir finden nämlich, daß das Blatt nur aus einer Zellschicht besteht, in der chlorophyllhaltige und farblose Zellen mit einander abwechseln (Fig. 53). Die grünen Zellen sind schmal und langgestreckt und verbinden sich zu einem Netz, während die Maschenräume des Netzes von farblosen Zellen ausgefüllt werden, die mit Verdickungsfasern versehen sind und zwei rundliche Öffnungen in der Membran besitzen. Diese großen Zellen füllen sich, je nach den äußeren Umständen, abwechselnd mit Wasser und Luft, sind also den Poren eines Schwammes vergleichbar. Im lufterfüllten Zustande sieht das Moos fast weiß aus, legt man es in Wasser, so dringt dieses durch das eine Loch in die großen Zellen ein, während die Luft durch das andere Loch entweicht, und nun scheinen die grünen Zellen hindurch, und das ganze Moos bekommt ein hellgrünes Aussehen. Ganz ähnliche, leere Zellen bilden eine Rindenschicht um Stengel und Zweige, und dieses zusammenhängende Schwammgewebe saugt nun das Wasser von untenher bis zur Spitze des Mooses. Wurzelhaare werden bei den Torfmoosen überhaupt nicht ausgebildet. Bei großer

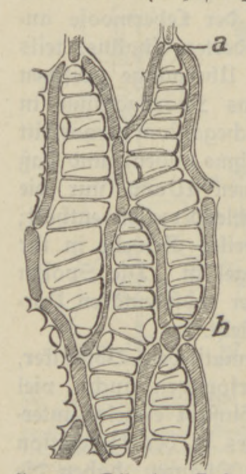


Fig. 53. Teil eines Torfmoosblattes (nach Schimper): Die schraffierten Zellen enthalten Chlorophyll, die andern großen Zellen dazwischen (a—b ist eine Zelle) sind mit ringförmigen Verdickungen und Löchern versehen.

Feuchtigkeit ist ein Torfmoospolster so voll Wasser wie ein nasser Schwamm und kann wie dieser mit der Hand ausgedrückt werden. Wegen ihrer großen, wasseraufsaugenden Kraft haben also die Torfmoose eine große Bedeutung für die Erhaltung der Feuchtigkeit des Bodens.

Im Sommer können wir kleine braune Kapseln an der Spitze der oberen Äste finden. Die Archegonien nämlich stehen an dem Ende eines Astes; gewöhnlich wird nur eines befruchtet, und dessen Ei bildet sich zum Sporogonium aus. Die Antheridien hingegen sitzen in den Blattachseln besonderer, schon durch ihre oft violette Farbe und ihre Form von den anderen Ästen unterscheidbarer Antheridienäste. Bemerkenswert ist, daß der Stiel des Sporogoniums sich nicht streckt, sondern daß es durch eine Streckung des darunterliegenden Astteiles emporgehoben wird, und auf diese Weise der scheinbare Stiel der Kapsel entsteht. Deutlich läßt sich auf dem Scheitel der fast kugeligen Kapsel der Deckel als ein kreisförmig abgegrenztes Stück erkennen. Wenn der Deckel abspringt, wird der Sporenraum geöffnet, dieser füllt aber nicht das ganze Innere der Kapsel aus, sondern es bleibt ein verhältnismäßig großer, zapfenförmig gestalteter Teil als steriles Gewebe übrig. Das sporenbildende Gewebe sitzt also dieser sterilen Mittelsäule glocken- oder kappenförmig auf. Die Sporen haben eine hellbraune Farbe und liefern bei der Keimung natürlich erst einen Vorkeim, der auf feuchter Unterlage fadenförmig, auf trockener aber lebermoosähnlich wird, und an dem die Moosknospe entsteht.

In Deutschland unterscheidet man ungefähr 15 Arten von Sphagnum, der einzigen Gattung der ganzen Familie. Diese Arten variieren nicht nur sehr stark, sondern scheinen auch ineinander überzugehen, so daß einige Forscher gar keine bestimmten Arten unterscheiden wollen, sondern nur Formenkreise, deren Grenzen lediglich durch Übereinkunft der Gelehrten festgesetzt werden könnten. Es hat demnach den Anschein, als ob bei den Torfmoosen die Arten noch gewissermaßen in ihrer Entstehung auseinander begriffen und die Zwischenformen nicht zugrunde gegangen wären, während man bei der Entstehung anderer Arten auseinander ein solches Ausfallen der Zwischenformen annehmen muß. Auch diese Erscheinung macht die Torfmoose zu einer besonders interessanten Gruppe, die durch ihren äußeren und inneren Bau, sowohl in der geschlechtlichen als

in der ungeschlechtlichen Generation den anderen Laubmoosen gegenübersteht. Von diesen aber teilen manche mit den echten Torfmoosen die Lebensweise und tragen zur Bildung des Torfes bei, und zwar sind besonders Polytrichum-Arten an der Bildung der Hochmoore, Hypnum-Arten an der der Wiesenmoore beteiligt, abgesehen von einigen anderen Laubmoosen. Näher wollen wir hier nicht auf die Frage nach der Bildung der Moore und des Torfes eingehen.

26. Kapitel.

Die Laubmoospflanze.

Die Laubmoose im weiteren Sinne werden in drei Gruppen geteilt, von denen aber zwei, nämlich die eben besprochenen Torfmoose und die Steinmoose (Andreaeaceen) ihrem Umfange nach verschwindend klein sind gegenüber den eigentlichen Laubmoosen, die nach der großen Gattung Bryum als Bryaceen bezeichnet werden. Unter Übergehung der Steinmoose wollen wir uns nun mit dieser letzten Gruppe, den typischen Laubmoosen befassen. Sie bildet die größte Abteilung unter allen Moosen mit mehr als 2500 Arten in über 100 Gattungen.

Die Laubmoose treten in der Vegetation viel mehr hervor als die Lebermoose und haben, weil sie nicht so an Feuchtigkeit gebunden sind, auch eine viel weitere Verbreitung. Darum bezieht sich auch das, was im 22. Kapitel (S. 112) über die weite Verbreitung der Moose gesagt worden ist, wesentlich auf die Laubmoose. Manche Arten sind ganz kosmopolitisch, während andere bestimmte Verbreitungsgebiete haben, die wie bei höheren Pflanzen von klimatischen Faktoren abhängen; wieder andere richten sich besonders nach der Beschaffenheit des Substrates. So ist vor allen Dingen die Moosflora auf Kalkgestein eine ganz andere als auf kalkfreiem Gestein, einige Moose bedürfen eines humosen Bodens, einige werden sogar direkt auf organischen Substanzen, z. B. den Exkrementen der Rinder und anderer Tiere, gefunden. Interessant sind die Gegensätze in der Lebensdauer der Moose: den einjährigen Arten, die in demselben Jahre keimen und nach der Sporenreife absterben, stehen die gegenüber, welche wie die Torfmoose immer an der Spitze weiterwachsen und unten absterben, also gewissermaßen eine unbegrenzte Vegetation haben. Da nun bei manchen Laub-

moosen die unteren Teile nicht wie bei Sphagnum durch Torfbildung zerstört werden, sondern durch Inkrustation erhalten bleiben und ein Tufflager bilden, so kann man, wenn man den jährlichen Zuwachs kennt, das Alter des Tufflagers und somit auch des Moospolsters berechnen. Nach dieser Berechnung hätten die Polster gewisser Arten ein Alter von mehreren Jahrtausenden.

Was nun das Aussehen der Laubmoose betrifft, so können sie auch von dem Ungeübten ohne Schwierigkeit als Glieder derselben Gruppe erkannt werden, trotzdem herrscht eine erstaunliche Manigfaltigkeit in der Struktur ihrer Organe, und zwar besonders in der der Blätter und der Kapseln. Das Blatt eines Laubmooses ist fast ausnahmslos ungeteilt, meistens einschichtig, abgesehen von den Nerven, und zeigt dabei doch eine äußerst verschiedenartige Bildung. An der Kapsel ist besonders die Zahnbildung interessant, die beim Aufspringen des Deckels am oberen Rande sichtbar wird, sie ist auch von großer Bedeutung für die Unterscheidung der Arten.

Um nun diese und andere Verhältnisse im entwickelungsgeschichtlichen Zusammenhang zu besprechen, gehen wir am besten von der Spore aus. Wenn sie keimt, entsteht ein fadenförmiges Gebilde, das ganz nach Algenart weiter wächst und auch früher mit Algen verwechselt worden ist: es entstehen einreihige, verzweigte Zellfäden, die einen hellgrünen Überzug auf der Erde bilden. Man nennt diesen Vorkeim Protonema (Erstlingsfaden), und solche Protonemarasen findet man oft auf Blumentöpfen in den Gewächshäusern aber auch in der freien Natur auf feuchter, lehmiger Erde an Waldrändern u. dergl. Unter dem Mikroskop kann man das Moosprotonema durch die schräggestellten Querwände und die schönen großen Chlorophyllkörner von Algenfäden unterscheiden. Bald sieht man auch auf diesem Rasen winzige Moospflänzchen heranwachsen, und bei genauerer Untersuchung zeigt es sich, daß sie als seitliche Knospen an den Protonemafäden angelegt werden. Aus einer Spore können also durch Vermittlung des verzweigten Protonemas mehrere Laubmoospflanzen hervorgehen, im Gegensatz zu den Lebermoosen, bei denen sich aus einem Vorkeim nur eine Moospflanze entwickelt. Besonders merkwürdig ist auch, daß das Protonema die Fähigkeit hat, eigene Fortpflanzungsorgane oder Brutknospen zu bilden, die neues Protonema erzeugen, und daß

seine Fäden in eine Art Dauersporen zerfallen können. Die Vermehrungsfähigkeit der Moose wird dadurch sehr erhöht, wozu noch der Umstand beiträgt, daß aus abgerissenen Blättern, ja sogar aus Teilen des Sporogons, sich ein sog. sekundäres Protonema bilden kann, d. h. daß aus ihnen Vorkeimfäden herauswachsen können, die wiederum Moospflanzen aussprossen lassen.

Bei der Entstehung einer Moospflanze nun bildet sich sogleich eine sog. Scheitelzelle, die immer am Scheitel des Stammes teilungsfähig bleibt, und aus deren nach rückwärts abgegebenen Teilungsprodukten sich der Stengel mit den Blättern aufbaut. Der Stengel ist meistens nur fadendick, aber ziemlich fest; bei den einen bleibt er ganz kurz, bei anderen, wie unseren Quellmoosen, wird er sehr lang, ja bei tropischen Formen kann er die Länge von mehreren Fuß erreichen. Bleibt er kurz, so ist er auch in der Regel einfach, der längere Stengel aber verzweigt sich. In anatomischer Hinsicht nimmt er eine Mittelstellung zwischen dem der derberen Meeresalgen und dem der höheren Landpflanzen ein: wir unterscheiden eine Rinde und einen Zentralstrang. Die erstere ist aus rundlichen, mit dicken Wänden versehenen Zellen gebildet, die nach außenhin an Größe abnehmen, der letztere ist im einfacheren Falle aus lauter dünnwandigen, längsgestreckten Zellen aufgebaut, im komplizierteren Fall aus dickwandigen und dünnwandigen Zellen zusammengesetzt, so daß er schon eine Art von Gefäßbündel repräsentiert Die Ähnlichkeit mit diesem ist um so größer, als sich seitlich abgehende Zweige des Zentralstranges in die Blätter hinein fortsetzen. Die Blätter entstehen in der Endknospe des Stammes wie bei höheren Pflanzen, und wie bei diesen können wir Nieder-, Laub- und Hochblätter unterscheiden. In den meisten Fällen stehen die Blätter rings um den Stamm, so daß die ihre Ansatzstellen verbindende Linie eine Schraube bildet. Hierin liegt ein Gegensatz zu den beblätterten Jungermanniaceen, bei denen die Blätter in zwei Reihen zu beiden Seiten des Stammes angeordnet sind. Ein anderer Gegensatz besteht darin, daß die Laubmoosblätter fast immer mit Mittelrippe versehen sind (nur bei wenigen fehlt sie), die Blätter der Jungermanniaceen aber nicht. Neben diesem mittleren Strang, der aus gestreckten, dickwandigeren Zellen besteht, kommen manchmal noch sog. Randnerven vor, die das gewöhnlich ei- oder lanzettförmige Blatt am Rande einfassen.

Die eigentliche Blattfläche besteht in der Regel aus einer Schicht von Zellen, deren Form teils weit und rundlich, teils eng und gestreckt usw., und deren Wandbeschaffenheit außerordentlich verschieden und wichtig für die Erkennung der Arten ist. Als Bestimmungsmerkmal dient auch die Beschaffenheit der Spitze und des Randes und die ganze Form des Blattes. Abweichend und merkwürdig gebaut sind besonders die Blätter des Widertons (der Polytrichum-Arten) und der Weißmoose (Leucobryum). Letztere kennt man als weißliche rundliche Polster auf dem Boden des Waldes, sie haben nicht nur eine gewisse äußere Ähnlichkeit mit den Torfmoosen, sondern gleichen ihnen auch im Bau der Blätter insofern, als diese aus großen, hellen, leeren und aus kleinen, chlorophyllhaltigen Zellen zusammengesetzt sind. Die grünen Zellen bilden aber hier nicht ein Netz, sondern liegen

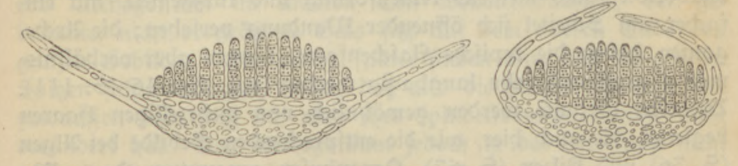


Fig. 54. Durchschnitt durch das Blatt des Widertonmooses (Polytrichum commune): 1. im ausgebreiteten, 2. im zusammengelegten Zustande. (Stark vergr.)

auf der Mittellinie des im Querschnitt mehrschichtigen Blattes, werden also rings von den leeren Zellen umgeben. Am kompliziertesten sind die Blätter von Polytrichum gebaut. Der eigentlichen Blattfläche, deren Zellen kein Chlorophyll enthalten, sitzen auf der Oberseite Platten auf, die, in der Richtung des Mittelnerven dicht nebeneinanderstehend, nur den mittleren Teil der Blattfläche einnehmen und aus mehreren Stockwerken von Zellen bestehen. Sie stellen das assimilierende Gewebe dar und können bei eintretender Trockenheit durch die sich über sie legenden Blattränder geschützt werden. Im Querschnitt erscheint das Blatt wie Fig. 54 zeigt.

Mit dem unteren Ende sitzt der Moosstengel also dem Protonema an, das früher oder später zugrunde geht, er verlängert sich nicht in eine Wurzel, sondern diese wird ersetzt durch die als Rhizoide bezeichneten Haare, die aus den Oberflächenzellen des Stammes auswachsen und insofern einen Fortschritt gegenüber denen der Lebermoose zeigen, als sie nicht mehr einzellig sondern mehrzellig sind. Meistens stehen die

Querwände schief wie beim Protonema, und Rhizoiden und Protonema können auch in einander übergehen. Manchen Arten fehlen die Rhizoiden, bei manchen aber bilden sie einen dichten Filz um den Stamm, und dadurch verfilzen sich die benachbarten Stämmchen miteinander, bei manchen Arten (Polytrichum) drehen sich mehrere Rhizoide seilartig zusammen.

An dem aus Stengel, Blättern und Rhizoiden gebildeten Moospflänzchen entstehen nun die Geschlechtsorgane wie bei den Lebermoosen. Antheridien und Archegonien stehen meistens an der Spitze eines Stengels und bilden die sog. Blüten. Diese sind zwitterig oder eingeschlechtlich, und in letzterem Falle ist das Moos ein- oder zweihäusig. Inwiefern Antheridien und Archegonien in ihrer Entwicklung von den gleichen Organen der Lebermoose abweichen, wollen wir nicht untersuchen. Die Antheridien sind meistens keulenförmig und kurzgestielt, mit einfacher am Scheitel sich öffnender Wandung versehen; die Archegonien haben die typische Flaschenform, können aber verhältnismäßig groß und sehr langhalsig werden (vgl. Fig. 46, S. 111). Beiderlei Organe werden gewöhnlich von mehrzelligen Haaren begleitet, die auch hier, wie die entsprechenden Gebilde bei Algen (S. 36) und Pilzen (S. 67), Paraphysen genannt werden. Wo die Archegonien gesessen haben, da sitzen gemäß der uns schon bekannten Entwicklung später auch die Sporogone oder Kapseln. Man unterscheidet nun zwei große Gruppen bei den Moosen: die endfrüchtigen (z. B. Polytrichum) und die seitenfrüchtigen (Hypnum u. a.). Dieser Unterschied erklärt sich so, daß die Archegonien bei ersteren am Ende des Hauptsprosses stehen, bei letzteren am Ende kurzer Seitenzweige desselben. Die sog. Blütezeit der Laubmoose, d. h. die Periode, in der Archegonien und Antheridien gebildet werden, ist für jede Art eine bestimmte, und zwar blühen die meisten im Frühling und Sommersanfang, die wenigsten am Ende des Jahres.

27. Kapitel.

Die Kapsel der Laubmoose.

In Entwicklung und Bau des Sporogons verhalten sich die eigentlichen Laubmoose sehr verschieden von den Lebermoosen. Während bei diesen das Sporogonium sich fast vollständig innerhalb des Archegoniums differenziert, dabei einen rasch sich streckenden und

rasch vergänglichen Stiel, und in der Kapsel nur Sporen und Elateren bildet, finden wir bei den Laubmoosen eine langsame Entwicklung, die erst zu Ende kommt, nachdem das Archegonium schon längst durchrissen ist; dafür ist aber auch der Stiel fester und dauerhafter und der Bau der Kapsel viel komplizierter, obwohl sie keine Schleuderzellen ausbildet. Verfolgen wir die Sache einmal bei unserem gemeinen Drehmoos (*Funaria hygrometrica*). Bereits im ersten Frühjahr sieht man aus den zu Rasen vereinigten Büschelchen kleine grüne Spitzen hervorragen. Bei genauerer Untersuchung ergibt sich, daß es die jungen, noch im Archegonium eingeschlossenen Kapseln sind. Wir haben also einen Zustand vor uns, wie ihn Fig. 49, A im Längsschnitt darstellt: das befruchtete Ei hat sich in einen vielzelligen, spindelförmigen Körper verwandelt, und mit dessen Streckung ist das Archegonium im unteren Teil weitergewachsen, der gebräunte, nicht vergrößerte Hals sitzt auf dem oberen Ende des ganzen Gebildes. Ein wenig später finden wir, daß die grünen Spitzen sich verlängert haben, daß also die jungen Sporogonien gewachsen sind, daß sich aber ihre spindelförmige Gestalt nicht verändert hat. Das Archegonium jedoch ist der Streckung nicht mehr durch Weiterwachsen gefolgt, sondern am Grunde durchgerissen, so daß der obere Teil von dem Sporogon in die Höhe gehoben wird. Der untere Teil des Archegoniums umfaßt den Fuß des Sporogons, der sich sogar scheinbar etwas in das Stengelgewebe eingebohrt hat. Ein mittlerer Teil des Sporogons liegt also frei, und dieser freiliegende Teil wird immer größer mit der Streckung des ganzen Sporogons. Er wird natürlich zum *Stiel* und wird, weil er dünn bleibt wie eine Borste, *Seta* genannt. Der oberste Teil dagegen, der von dem emporgetragenen Archegonium bedeckt wird, schwillt zunächst kolbenförmig an und wird zu der eigentlichen *Kapsel* oder *Urne*, welche die *Mütze* oder *Calyptra* trägt. In der Kapsel oder jungen Urne gehen aber nun wichtige Differenzierungen vor: die äußere Schicht lockert sich von der inneren, und es bildet sich zwischen der Urnenwand und dem inneren Teil ein zylindrischer *Luftraum*, der nur von einigen Zellfäden durchsetzt wird. In dem inneren Teil sehen wir dann wiederum nahe der Peripherie eine besondere Zellschicht von der Gestalt eines Hohlzylinders entstehen, deren Zellen sich durch ihren Plasmareichtum auszeichnen: man nennt sie das *Archesporium*,

weil daraus die Sporen entstehen. Die das Archespor außen und innen einschließenden Zellschichten werden als der äußere und innere Sporensack bezeichnet. Es bleibt also in der Mitte ein Gewebestrang übrig, der Säulchen oder Columella genannt wird und sich unten in den Mittelstrang des Stieles, oben in die Spitze der Urne oder den Mittelteil des Deckels fortsetzt. Machen wir einen Querschnitt durch die Urne vor der Sporenreife, so finden wir von außen nach innen folgende Gewebe oder Teile: Urnenwand, Luftraum, äußerer Sporensack, Archespor, innerer Sporensack, Columella. Die Archesporzellen vermehren sich zunächst noch durch einfache Teilung und dann bilden sie die Sporen aus, indem sie sich voneinander trennen und jede einzelne Zelle in vier Zellen zerfällt. Die gemeinsame Membran dieser vier Zellen wird resorbiert, und jede Zelle wird zu einer Spore. Diese Entstehungsweise der Sporen zu vier aus einer Zelle findet sich auch schon bei den Lebermoosen, sie findet sich ferner bei allen Gefäßkryptogamen und noch weiter bei den Blütenpflanzen in der Bildung der Pollenkörner, die den Sporen analog sind. Die einzelne Spore des Laubmooses hat, wenn sie ganz reif ist, fast kugelige Gestalt, eine derbe, doppelte Membran, und im Innern finden sich außer dem Plasma und Zellkern noch Chlorophyllkörner und Öltropfen. Wie werden nun diese Sporen frei? Es gibt eine kleine Gruppe von Laubmoosen, bei denen die Sporen nur dadurch ins Freie gelangen, daß die Urne selbst abfällt und verwittert: diese Moose stehen auf der niedrigsten Stufe der Reihe. Bei einer zweiten Gruppe bilden sich Längsspalten in der Kapselwand, durch die bei trockenem Wetter die Sporen entleert werden: es ist dies die schon erwähnte, nur durch die Gattung Andreaea vertretene kleine Gruppe der Steinmoose. Bei den weitaus meisten Laubmosen bildet sich ein Deckel an dem oberen Ende der Kapsel aus, der, nachdem die Mütze abgefallen ist, abgeworfen wird. Wenn dann das innere Gewebe vertrocknet und der Sporensack oben aufreißt, so können die Sporen aus der Urne ausgestreut werden, wie etwa die Samen aus der sich ebenfalls mit einem Deckel öffnenden Fruchtkapsel des Bilsenkrautes. Jedoch ist bei den Moosen noch eine besondere Einrichtung getroffen, wodurch die Kapsel auch nach dem Abwerfen des Deckels nicht beständig offen ist: ein Kranz von Zähnen am oberen Rand der Urne kann sich, je nach der Witterung, nach

außen ausspreizen oder über die Mündung der Urne legen, so daß die Sporen im ersteren Fall, nämlich bei trockenem Wetter, ausstäuben können, im letzteren Fall, bei Feuchtigkeit, zurückgehalten werden. Bei Trockenheit verstäuben sie natürlich besser und weiter und sorgen um so mehr für die Verbreitung der Art*).

Dieser Kranz von Zähnen ist der oben schon erwähnte Mundbesatz oder das Peristom: wie er entsteht, und wie sich der Deckel bildet, müssen wir noch mit einigen Worten schildern. Den obersten Teil der Urne können wir uns als einen Kegel vorstellen. An dessen Basis bildet sich ein Ring großer, weiter Zellen, während die Zellen der darunter liegenden Schicht sich stark verdicken. Die Spannungen, die in der reifen Kapsel durch Vertrocknen des Gewebes entstehen, führen zu einer Zerreißung gerade an der Stelle, wo der Ring liegt, und dieser rollt sich manchmal ganz von der Kapsel ab, die dickwandigen Zellen aber bilden deren oberen, festen Rand. Der abgeworfene Deckel ist nicht der ganze Kegel, sondern nur dessen äußerer Mantel, darunter liegen die Zähne des Peristoms und bilden, da sie unten breit und oben spitz sind und mit den Spitzen zusammenneigen, einen zweiten Kegel, was Fig. 55 verdeutlichen soll. Die Zähne sind besonders verdickte Stellen der Membran, in einer oder mehreren Reihen von Zellen, und bleiben erhalten, während die unverdickten Stellen und das innerste Gewebe des Kegels bis zur Columella eintrocknen und verschwinden. Die Zahl der Zähne, die auch in einem doppelten Kranz auftreten können, beträgt immer 4 oder ein Multiplum von 4 (8, 16, 32). Ihre

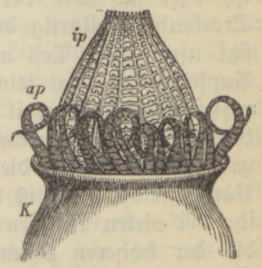


Fig. 55. Die Mündung der Urne des Quellmooses (aus Sachs, nach Schimper); ap äußeres, ip inneres Peristom. (50 × vergr.).

*) Weil also die Sporen der Laubmoose nur bei trockener Luft aus der Kapsel ausgestreut werden, ist keine Gefahr vorhanden, daß sie sich zusammenballen, und deswegen brauchen keine Elateren ausgebildet zu werden. Solche finden wir dagegen bei den Lebermoosen, die nur in feuchter Luft gedeihen und kein Peristom an der Kapsel besitzen. Peristom und Eletaren dienen gewissermaßen demselben Zweck, jenes ist aber für die Lebensweise der Laubmoose, diese sind für die der Lebermoose die passendere Einrichtung.

Gestalt und Zahl liefert zur Unterscheidung der Gattungen die wichtigsten Merkmale. Die Herstellung eines Präparates, das diese Verhältnisse deutlich zeigt, erfordert eine gewisse Geschicklichkeit, die angewandte Mühe aber wird reichlich durch die Freude an der Zierlichkeit der Peristomzähne belohnt, und wir bedauern, unseren Lesern nicht zahlreichere Abbildungen davon vorlegen zu können, um ihnen einen Begriff von diesen eleganten und verschiedenartigen Gebilden zu geben. Wir wollen nur noch erwähnen, daß auch anders gebaute Peristome vorkommen, ohne sie näher zu beschreiben.

Nun aber kommen außer dem Peristom für die Systematik und die Bestimmung der Arten auch die anderen Verhältnisse und Teile des Sporogoniums in Betracht. Es ist zu beachten, ob die Seta (Kapselstiel) lang oder kurz, gerade oder gebogen ist, oder sich wie bei dem schon erwähnten Drehmoos durch Trockenheit seilartig dreht; ferner wie die Kapsel der Seta aufsitzt usw. Der Teil nämlich, der den Übergang der Seta zur Kapsel bildet, hat seinen eigenen Namen und wird als Apophyse bezeichnet, weil er manchmal eine besondere Anschwellung bildet. Bei der Gattung Splachnum kann die Apophyse sogar größer und durch die Färbung auffallender werden, als die Kapsel selbst. Sie ist noch dadurch bemerkenswert, daß sich an ihr bei vielen Moosen Spaltöffnungen finden, die meistens wie die der höheren Pflanzen gebaut sind. Das Vorkommen der Spaltöffnungen nämlich weist auf eine höhere Organisation des Sporogoniums gegenüber der Moospflanze, der eine eigentliche Epidermis mit Spaltöffnungen fehlt, hin, und dadurch ist angedeutet, daß die ungeschlechtliche Generation nun die höher organisierte wird, was bei den Farnen ungleich stärker hervortritt.

An der Kapsel haben wir noch weiter zu beachten ihre Größe, Stellung und Form: der Stellung nach ist sie aufrecht oder hängend, der Form nach gestreckt oder mehr kugelförmig, zylindrisch oder eckig, allseits gleichmäßig oder einseitig ausgebildet, gerade oder gekrümmt usw. Dann kommen die Verschiedenheiten des Deckels und der Haube oder Calyptra in Betracht: der erstere ist groß oder klein, abgestumpft oder zugespitzt usw.; die Haube wird vor der Reife abgeworfen oder bleibt bis zur Öffnung der Kapsel, sie deckt die Kapsel mehr oder weniger, kann sogar durch nachträgliches Wachstum noch bis

unter die Apophyse reichen, sie bleibt glatt oder wird behaart (letzteres z. B. bei Polytrichum). Besonders ist noch zu beachten, ob die Haube ringsum geschlossen bleibt und die Form einer Zipfelmütze behält, oder ob sie seitlich aufreißt und dann mehr einer Kapuze gleicht; im letzteren Falle wird sie natürlich leichter von der Kapsel abfallen. Die Ausreifung des Sporogons erfordert bei verschiedenen Moosen verschiedene Zeit: mindestens vergehen einige Monate, aber es können auch Jahre dazu erforderlich sein; bei dem oben erwähnten Steinmoos sollen sogar erst nach dem zweiten Winter die Sporen ausgestreut werden.

Zum Schluß haben wir noch einiges über die vegetative Vermehrung zu sagen, die eine große Rolle spielt und besonders wichtig bei diözischen Arten ist; denn von diesen bilden manche regelmäßig keine Kapsel aus. Wie sehr das primäre und sekundäre Protonema zur Vermehrung beiträgt, haben wir oben gesehen. Dazu kommt dann noch die Bildung von Brutknospen an der Moospflanze, ähnlich wie wir es für Lebermoose, z. B. Marchantia und Lunularia (S. 115) kennen gelernt haben. Die Brutknospen können kugelige oder flache Gestalt besitzen und am Protonema, an Stengeln oder Blättern entstehen. Manchmal entwickeln sie sich regelmäßig in der Achsel des Blattes oder auf dem Gipfel besonderer Sprosse, so z. B. findet man bei dem Vierzahnmoos (Tetraphis) häufiger als die Kapseln langgestielte Becherchen, in denen eine Menge von Brutknospen gebildet werden. Wie also die Brutknospenbildung zunimmt, wenn die Wahrscheinlichkeit der Befruchtung abnimmt, so kann sie auch ihrerseits die Befruchtung und Sporogonbildung, als eine überflüssige und weniger sichere Art der Vermehrung unterdrücken. Wir können sagen, daß, die Pilze vielleicht ausgenommen, bei keiner anderen Klasse des Pflanzenreichs die vegetative Vermehrung in so ausgedehntem Maße und so großer Mannigfaltigkeit stattfindet wie bei den Laubmoosen.

Diese nun sind anzusehen als die höchste Entwicklungsstufe eines besonderen Zweiges im Stammbaum des Pflanzenreiches, d. h. die Farne und höheren Kryptogamen sind offenbar nicht als eine Weiterbildung der Laubmoose in der gleichen Entwicklungsrichtung zu betrachten; von welchen Moosen sie aber ihren Ursprung nehmen, ist noch fraglich, wie es auch fraglich ist, von welchen Algen wir die ganze Gruppe der Moose ab-

zuleiten haben. Wenn wir die Gefäßkryptogamen von den Moosen ableiten wollen, so sind es jedenfalls einfachere Lebermoose aus der Reihe der Jungermanniaceen oder der Anthoceroteen. Vielleicht sind auch die Bryo- und Pteridophyten zwei Reihen, die auf einen gemeinsamen Ursprung zurückgehen, und von denen sich die erstere als ein mit den Laubmoosen blind endigender Zweig ausgebildet hat, ohne die Höhe der Organisation von den Pteridophyten zu erreichen: denn jene führen, wie wir sehen werden, zu der höchsten Pflanzengruppe, den Phanerogamen, über. Befragen wir die Paläontologie, so scheint es sogar, daß die Moose später als die Farne entstanden sind, denn die ersteren finden sich nicht vor der mesozoischen Periode, nämlich zuerst im Keuper, während die Farne bereits in der paläozoischen Periode auftreten. Wenn nun auch sorgfältige Untersuchungen der Steinkohlenreste keine Spuren von Moosen gezeigt haben, so ist doch aus einem rein negativen Befunde mit Sicherheit noch kein Schluß zu ziehen: der Meinung also, daß die Moose sich von den Farnen abgezweigt hätten, da sie später als diese entstanden wären, können wir uns nicht anschließen, vor allem mit Rücksicht darauf, daß die ganze große Reihe der Moose morphologisch tiefer steht als die der Farne.

28. Kapitel.

Die Entwickelung des Farnkrauts.

Als in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts die meisten Botaniker an die geschlechtliche Fortpflanzung der Pflanzen glaubten, suchten sie die dazu dienenden Organe auch bei den Kryptogamen. Bei den Moosen wurden Antheridien und Archegonien zuerst richtig gedeutet, weil sie eine äußere Ähnlichkeit mit den Staubgefäßen und Stempeln besitzen, und weil sie hier an der Pflanze selbst zu finden sind. Bei den Farnen war die Sache schwieriger: in den Sporen sah man die Samen, weil sie Keimpflanzen lieferten, aber nun konnte man die männlichen Organe nicht finden, und so mußten bei dem einen Forscher die Spaltöffnungen, bei dem andern die Haare auf den Blättern sich gefallen lassen, dafür angesehen zu werden. Der Erste, der das Verhältnis richtig erkannte, war der Graf Lesczyc-Suminsky (1848): er untersuchte die Keimung der Sporen genauer und fand, daß das sog. Keimblatt der Farne gewisse, nur mi-

kroſkopiſch erkennbare Organe trage, von denen die einen die Befruchtungskörperchen, die anderen die zu befruchtenden Eier produzieren, und er will ſogar beobachtet haben, wie die kleine männliche Zelle in das weibliche Empfängnisorgan zu dem Ei eintritt. So iſt erſt um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, beſonders dann durch Hofmeiſters klaſſiſche Unterſuchungen (1851) die Entwicklung des Farnkrautes und ſeiner Verwandten klargelegt und der Generationswechſel, den wir ſchon bei den Mooſen kennen gelernt haben, bei den Farnen erkannt worden.

Dieſen Vorgang wollen wir zunächſt an unſerm gewöhnlichen Schildfarn (Aſpidium filix mas) verfolgen. Im Sommer entſtehen auf der Unterſeite der Blätter kleine graue Flecken (Fig. 56 I), und dieſe werden von einem Häufchen kleiner geſtielter Kapſeln und einem Häutchen gebildet, das ſich wie ein kleiner Schild (griech. Aſpis) über die Kapſeln legt: daher alſo hat das Farnkraut ſeinen deutſchen und die Gattung ihren lateiniſchen Namen. Nach einiger Zeit ſchrumpft das Schildchen dann zuſammen, und die darunterliegenden Kapſelchen werden mit ihrer braunen Farbe ſichtbar. Es ſind dies die Sporenbehälter (Sporangien), die als einfache Auswüchſe, ohne jede Befruchtung, aus dem Blatte entſtehen und wie ein Haar aus der Oberhaut herauswachſen. Schon frühzeitig differenziert ſich bei ihrer Anlage eine äußere Wandungsſchicht und ein innerer Teil, der wie bei den Mooſen (vgl. S. 131) Archeſporium heißt, erſt ſpäter ſtreckt ſich der Stiel unter der eigentlichen Kapſel. Deren Wandung beſteht aus großen flachen Zellen, aber eine, gerade über den Scheitel der Kapſel verlaufende Zellenreihe entwickelt ſich anders und wird zu dem ſog. Ring, der ſo auffallend ſchon bei ſchwacher Vergrößerung des Sporangiums hervortritt (ſ. Fig. 56 II). Die Wände der Zellen im Ring ſind ſehr ungleich verdickt, die Außenwände bleiben dünn,



Fig. 56. Der gemeine Schildfarn (Aſpidium filix mas) I. (nach Hegi) ein Blattfiederchen von der Unterſeite mit den vom Schleier bedeckten Sporangienhaufen (Soris) II. (nach Dodel): einzelnes Sporangium mit dem Ring, im Innern ſcheinen die Sporen durch, der untere Teil des Stiels iſt abgeſchnitten. III. (nach Dodel): einzelne Spore mit dunkler, höckeriger Sporenhaut.

die seitlichen und inneren werden dick und gebräunt, und diese ungleiche Wandverdickung führt zu Spannungen, infolge deren der Ring aufreißt und zwar an der Stelle, wo seine Zellen nicht mit solchen Verdickungen versehen sind. Mit dem Aufreißen des Ringes entsteht ein quer durch die Kapsel gehender Riß, und die Sporen werden frei. Die letzteren sind wie bei den Moosen zu vier aus einer Zelle entstanden, sie haben aber eine undurchsichtige, braune, mit unregelmäßigen Ausstülpungen versehene Wand (Fig. 56 III). Das Aufreißen des Sporangiums geschieht mit einem Ruck, die Sporen werden zerstreut und fallen auf den feuchten Waldboden, auf dem die Farne wachsen. Hier ihre Entwicklung zu verfolgen ist nicht möglich, aber wenn man sie auf ein feuchtes Torfstück unter einer Glasglocke aussäet, gelingt dies ohne Schwierigkeit. Bald sehen wir die äußere Sporenhaut aufplatzen, die innere mit dem Zellinhalt (Plasma, Kern, Chlorophyllkörnern) hervortreten und schlauchartig auswachsen, also wie bei der Keimung eines Laubmooses. Der Faden bleibt aber ganz kurz, er verbreitert sich am vorderen Ende, bekommt hier eine sog. Scheitelzelle, in der sich die Teilungen vollziehen, und so entsteht das grüne Blättchen, das die älteren Beobachter für das Keimblatt gehalten haben, wir aber jetzt als Prothallium (Vorkeim, nicht zu verwechseln mit dem Protonema der Moose) bezeichnen. Es ist ein herzförmiges Gebilde von der Größe einer kleinen Münze, besteht größtenteils aus einer Zellschicht und ist nur in der Mitte mehrere Zellenlagen dick. Aus der Unterseite wachsen lange, ungeteilte Haare hervor, die das Prothallium am Boden befestigen und dadurch zu einer selbständigen, kleinen Pflanze machen (Fig. 57 A).

Dieses Pflänzchen ist die geschlechtliche Generation und entspricht demnach der eigentlichen Moospflanze. Zwischen den erwähnten Haaren nämlich, also auf der Unterseite, finden wir Antheridien und Archegonien, die entsprechend der Reduktion der ganzen geschlechtlichen Pflanze auch viel einfacher gebaut sind als die der Moose (Fig. 57 B). Die Antheridien stehen mehr nach dem Rande zu und bilden halbkugelige Körper mit einer, aus wenigen, durchsichtigen Zellen bestehenden Wand, und einem inneren, plasmareichen Gewebe, das aber eine viel geringere Anzahl Spermatozoidien liefert, als im Antheridium der Moose entstehen. Man kann unter dem Mikroskop beobachten, wie die Spermatozoidien sich schon im Innern des Anthe-

ridiums bewegen; dann dauert es nicht lange, die Wandung platzt oben auf, die Spermatozoidien treten heraus, drehen sich erst langsam herum und schwimmen mit einem Male davon, ohne daß wir ihre Gestalt erkennen könnten. Jetzt töten wir sie schnell durch einen Tropfen Jodlösung und finden sie nun fixiert und gelblich gefärbt. Sie sind etwas anders als die der Moose gebaut, denn ihr Körper ist fester, stärker schraubenförmig gewunden und am vorderen, spitzen Ende mit einer Reihe dicht hintereinander stehender Cilien versehen. Die Archegonien sind

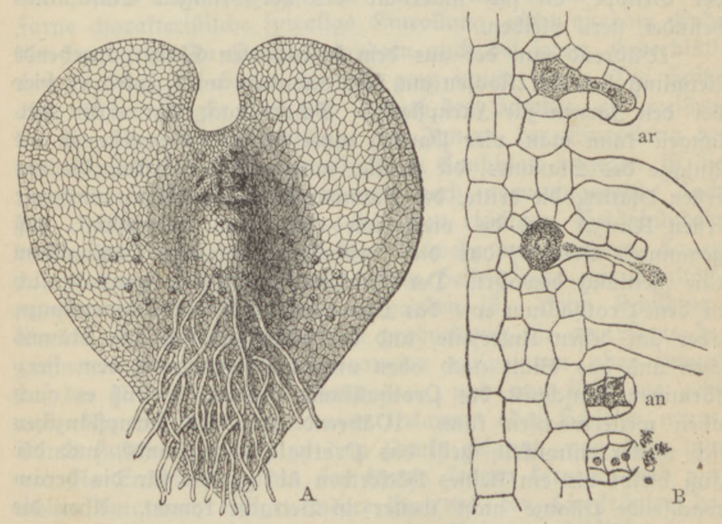


Fig. 57. A. Vorkeim eines Farns, von der Unterseite gesehen, mit Haaren und Geschlechtsorganen. B. Längsschnitt durch den Vorkeim mit Archegonien ar und Antheridien an. Das untere Archegonium hat eben seinen Hals geöffnet, das untere Antheridium entläßt seine Spermatozoidien.

ebenfalls recht einfach gebaut: sie stehen nicht frei auf einem Stiel wie bei den Moosen, sondern der Bauchteil ist im Prothallium eingesenkt, und nur der kurze Hals sieht hervor, der aus nur einer Halskanalzelle und vier Reihen von Halszellen besteht. Erstere verschleimt, letztere weichen an der Spitze auseinander, und lassen so die Spermatozoidien eintreten, die sich dabei natürlich im Wasser bewegen müssen. Die Befruchtung ist also wie bei den Moosen an die Gegenwart von Wasser gebunden, und

wie bei den Moosen werden die Spermatozoidien an den richtigen Ort durch bestimmte chemische Stoffe dirigiert, von denen sie angezogen und die von den Archegonien ausgeschieden werden. Die scharfsinnigen Untersuchungen Pfeffers haben festgestellt, daß bei den Moosen Rohrzucker, bei den Farnen Apfelsäure eine solche chemische Reizwirkung ausübt. Ist nun das Spermatozoidium eingedrungen und das Ei befruchtet, so entwickelt sich letzteres zum Keimling, dies geschieht aber gewöhnlich nur in einem Archegonium des Prothalliums, während die anderen Archegonien der Gruppe, die sich unterhalb des herzförmigen Einschnittes befindet, steril bleiben.

Während nun der aus dem befruchteten Ei hervorgehende Keimling bei den Moosen zum Sporogonium wird, wird er hier bei den Farnen zur Farnpflanze. Schon nach den ersten Teilungen kann man vier Partien unterscheiden: die erste ist die Anlage des Stammes, die zweite, unterhalb der ersten, die des ersten Blattes, die dritte, der Stammanlage gegenüber, wird zur ersten Wurzel und die vierte wird zu einem besonderen, Fuß genannten Gebilde, das die Verbindung mit dem Prothallium eine Zeitlang bewahrt. Der Farnkeimling sitzt also ganz ähnlich in dem Prothallium wie das Sporogonium in der Moospflanze, aber auf dessen Unterseite, und deshalb biegt sich das Stämmchen und das Blatt nach oben um und kommt aus dem herzförmigen Einschnitt des Prothalliums heraus, so daß es nach oben weiterwachsen kann. Während nun das Farnpflänzchen sich weiter entwickelt, geht das Prothallium zugrunde, und der Fuß bleibt als ein kleines Höckerchen übrig, das für die heranwachsende Pflanze nicht weiter in Betracht kommt. Aber die drei Hauptorgane, Stamm, Blatt und Wurzel sind nun vorhanden, und die letztgenannte tritt uns hier zum erstenmale in derselben Form wie bei den Blütenpflanzen entgegen. Die Farnwurzel trägt an der Spitze eine Wurzelhaube, unter dieser liegt der Punkt, von dem das Wachstum ausgeht, die Wurzel wird in der Mitte von einem Gefäßstrang durchzogen und verzweigt sich durch die wiederholte Bildung von Seitenwurzeln. Bei unseren Farnen und speziell beim Schildfarn, bleiben die Wurzeln dünn und bekommen eine schwarze Farbe bis auf die gelblichen, durchscheinenden, wachsenden Spitzen. Der Stamm erstarkt allmählich zum Wurzelstock oder Rhizom, das in der Erde schräg nach oben wächst und eine beträchtliche Dicke erreicht. Es wird

von einer Anzahl Gefäßbündel durchzogen, die auch mit weiten, wasserleitenden Elementen versehen sind. Diese sind aber hier noch keine wirklichen Gefäße, d. h. auf lange Strecken ununterbrochene Kanäle, sondern die Röhren sind aus oben und unten geschlossenen Gliedern zusammengesetzt. Die Blätter der Keimpflanze sind noch viel einfacher gebaut als die der erwachsenen Pflanze; sie sind anfangs nur wenig gelappt, und erst allmählich gehen sie in die bekannte Form des prächtigen Farnwedels über. Im Frühjahr kommen die Blätter in einem dichten Büschel am oberen Ende des Rhizoms heraus und zeigen die für die Farne charakteristische spiralige Einrollung, nicht nur am Ende der durchgehenden Spindel, sondern auch bei jedem Fiederblättchen, so daß die Spitze überall ganz innen liegt. Die Spitze aber ist der jüngste Teil und bedarf des Schutzes am meisten, der ihr eben durch diese Lage im Innern der Einrollung gewährt wird, bei einem gewöhnlichen Laubblatt dagegen ist die Spitze der älteste Teil und niemals nach innen eingerollt. Auch die Blätter des Farnkrauts sind von richtigen Gefäßbündeln durchzogen, während ihr übriges Gewebe aus mehreren Lagen von Zellen besteht, und auf beiden Seiten eine mit Spaltöffnungen versehene Oberhaut vorhanden ist. Beim Schildfarn können alle Blätter Sporangien produzieren; die als Sorus bezeichneten Gruppen von Sporangien entspringen aber immer auf der Unterseite eines Blattnerven, und von ihm aus geht auch das Schildchen, das man Velamen oder Schleier nennt. Damit sind wir wieder zu dem Punkt gelangt, von dem aus wir die Entwicklung des Farnkrauts kennen lernten, und wir wollen nur noch einige andere Vertreter der Farnkräuter besprechen, da wir bisher nur die eine Art, den Schildfarn, im Auge gehabt haben.

29. Kapitel.

Die Farne im allgemeinen.

Der Farn, dessen Bau und Entwicklung wir im vorigen Kapitel kennen lernten, ist als Aspidium filix mas bezeichnet worden, zu deutsch also der männliche Schildfarn. Man kann daher mit Recht fragen, warum er männlich genannt wird, wenn doch die Farnpflanze selbst überhaupt ungeschlechtlich ist, das Prothallium aber ebensogut weibliche wie männliche Organe

trägt? Diese Bezeichnung jedoch stammt aus einer Zeit, in der man die Ausdrücke männlich oder weiblich nach Willkür auf zwei ähnliche Arten anwandte, von denen die eine robuster war als die andere oder sich sonst durch eine Eigenschaft von der anderen unterschied. Die andere, neben dem oben genannten Farn, in Deutschland häufigste Art, ist nun zarter und zierlicher und wurde deshalb jenem als Weibchen gegenüber gestellt. Nach unserem neuen System aber kann sie nicht einmal zur gleichen Gattung gerechnet werden, und der weibliche Wald- oder Milzfarn heißt Asplenium oder Athyrium filix femina. Sein Rhizom ist kurz, sein Wedel kleiner und feiner zerschnitten, vor allem aber sieht der Sorus anders aus. Die Sporangien nämlich entspringen auf der einen Seite des Nerven, der Sorus bildet einen kleinen Streifen und wird von einem Velamen überdeckt, das in Gestalt eines schmalen Lappens vom Nerven aus über den Sorus hinweggeht. Wir haben noch eine ganze Anzahl anderer Aspidium- und Asplenium-Arten in unserer einheimischen Flora, deren Unterschiede hier nicht beschrieben werden können. Wir haben ferner den Adlerfarn mit seinen mächtigen, manchmal fast mannshohen, mehrfach geteilten Wedeln: er gehört zur Gattung Pteris oder Pteridium, deren Merkmal darin besteht, daß die Sporangien längs des Blattrandes stehen und dieser sich über sie einkrümmt. Der kleine Tüpfelfarn gehört zur Gattung Polypodium: hier sind die Sori „nackt" d. h. von keinem Velamen bedeckt. Aus diesen wenigen Beispielen haben wir bereits die Verschiedenartigkeit und systematische Bedeutung von Sorus und Velamen kennen gelernt. Die bisher genannten Farne stimmten aber darin überein, daß die fruchtbaren und unfruchtbaren Blätter äußerlich d. h. von oben gesehen, nicht verschieden waren. Bei anderen aber sind sie verschieden, z. B. sind bei dem im Gebirge nicht seltenen Rippenfarn (Blechnum spicant) die fertilen Wedel viel länger und schmäler als die sterilen Blätter und sitzen die Sporangien auf einem dicht neben der Mittelrippe der Fiedern verlaufenden Nerven. Bei dem seltenen Königsfarn (Osmunda regalis) ist dagegen der untere Blattabschnitt steril, der obere fertil und der letztere, ohne grünes Gewebe, trägt an seinen Blattrippen nur die Sporangien. Diese zeichnen sich dadurch aus, daß sie in der Wandung nicht den oben (S. 137) beschriebenen Ring ausbilden, sondern statt dessen an der Spitze eine einseitige

Gruppe stärker verdickter Zellen haben, die allmählich in die gewöhnlichen Wandzellen übergehen. Dieser Umstand gilt nun als Familienkennzeichen (Familie der Osmundaceen) und jener unvollständige, senkrecht über das Sporangium verlaufende Ring ist das Zeichen der Familie der Polypodiaceen, zu denen alle andern, bisher genannten, überhaupt $^{9}/_{10}$ aller echten Farne gehören.

Bei uns ist sonst nur noch die Familie der Hymenophyllaceen durch Hymenophyllum Tunbridgense, den Hautfarn, vertreten: hierin gehören die niedrigsten, moosähnlichen Farne mit ca. 200 Arten, meistens in den feuchten, tropischen Wäldern heimisch, und dadurch ausgezeichnet, daß die Blätter, wie bei den Moosen außerhalb der Nerven nur von einer Zellschicht gebildet zu werden pflegen.

Bei allen unsern einheimischen Farnen ist der Stamm als kriechendes Rhizom ausgebildet, aber in wärmeren Ländern, und besonders in den Tropen, wo die Farne in viel größerer Artenzahl auftreten, erhebt sich der Stamm auch über die Erde; bei manchen klettert er efeuartig an andern Bäumen in die Höhe, bei manchen wird er zum echten Stamm, und wenn dieser Stamm eine größere Höhe erreicht, so entstehen die prächtigen Farnbäume oder Baumfarne. Die Farne aber sind im allgemeinen an Feuchtigkeit gebunden und finden sich auf dem feuchten Boden des Waldes oder an Wasserläufen, und die von Baumfarnen gebildeten oder mit ihnen untermischten Wälder kommen nur in sehr feuchtem, warmem Klima vor, z. B. in Kamerun und besonders wieder in Neuseeland. Nur ausnahmsweise trifft man Farne an trockenen Standorten, wie unsern Schuppenfarn (Ceterach officinarum) an Felsen und an alten Mauern; seine Blätter sind dafür auch auf der Unterseite mit einem dichten braunen Filz geschützt und rollen sich in der Hitze so ein, daß die ungeschützte Oberseite innen liegt. Zu erwähnen ist noch, daß in den Tropen viele Farne auf den Stengeln und Ästen von Bäumen leben und zwar nicht bloß kleine, sondern sogar recht große Formen, wie der Vogelnest- und der Hirschgeweihfarn. (Asplenium Nidus avis und Platycerium alcicorne.) Doch wir dürfen uns nicht zu weit in die Schilderung der Eigentümlichkeiten, die sich sonst noch bei Farnen finden, verlieren, da wir noch einige andere Familien zu besprechen haben.

Es sind dies zunächst die Marattiaceen, eine Familie, deren Vertreter Tropenbewohner sind und meist sehr große Wedel entfalten: bei Angiopteris evecta werden sie 6—7 m lang und 3 m breit. Sonst sind die Angehörigen dieser Familie teils unserm Schildfarn teils den Baumfarnen im Habitus ähnlich, jedes Blatt aber ist bei ihnen mit zwei großen Nebenblättern versehen. Während bei den Polypodiaceen und den andern mit ihnen nächst verwandten Familien die Sporangien kleine Kapseln mit einschichtiger Wand sind, ist bei den Marattiaceen die Kapsel- oder Sporangienwand mehrschichtig, und bei gewissen Gattungen sind sogar die Sporangien eines Sorus mit einander verwachsen, wodurch dann auch die Öffnungsweise eine ganz andere wird. Man unterscheidet darnach die Farne in zwei Unterklassen: solche mit einschichtiger und solche mit mehrschichtiger Sporangiumwand (Lepto- und Eusporangiaten), die letzteren scheinen die ursprünglicheren zu sein.

Zu ihnen gehört außer den Marattiaceen noch eine kleine Gruppe, deren Vertreter der Unkundige nicht so leicht für Verwandte des Schildfarns halten wird: es ist die Natternzungenfamilie (Ophioglossaceen) mit nur 3 Gattungen, von denen aber Ophioglossum und Botrychium bei uns vertreten und daher wenigstens kurz zu beschreiben sind. Die Arten dieser Gattungen sind kleine Pflanzen, die sich zumeist auf nassen Wiesen finden. Der Stengel ist kurz und in der Erde verborgen, er treibt jedes Jahr nur ein Blatt, und dieses ist gabelig in zwei Abschnitte geteilt: einen fruchtbaren und einen unfruchtbaren; bei Ophioglossum ist der unfruchtbare lanzettlich und ganzrandig, und der, von dessen Oberseite ausgehende fruchtbare ist ebenfalls ungeteilt, stielförmig und trägt die Sporangien in zwei Reihen, bei Botrychium sind beide Abschnitte gefiedert, und der fruchtbare trägt die Sporangien an den Enden der Fiederästchen. Die Sporangien sind relativ groß, dickwandig und öffnen sich mit einem Querriß. Nun ist aber bei den Ophioglossaceen nicht nur die ungeschlechtliche Generation anders gestaltet als bei den typischen Farnen, sondern auch die geschlechtliche Generation: das Prothallium ist hier nicht wie bei allen anderen, auch den Marattiaceen, grün und oberirdisch, sondern es bildet einen kleinen, unterirdisch lebenden und deshalb auch chlorophyllfreien Knollen, über dessen Oberfläche Antheridien und Archegonien verteilt sind. In dieser Hinsicht also wäre es

vielleicht richtiger, die Ophioglossaceen den anderen Farnen sammt den Marattiaceen als eigene Gruppe gegenüber zu stellen. Immerhin können wir sie noch zu den echten Farnen oder Filices rechnen, einer Klasse, die durch ca. 4000 Arten vertreten ist. Charakterisiert wird sie dadurch, daß die Pflanze der ungeschlechtlichen Generation mit deutlichen, gestielten, meistens als „Wedel" ausgebildeten Blättern versehen ist, daß die Sporangien an der Unterseite der Blätter sitzen, daß nur eine Art von Sporen (bei jeder Spezies) gebildet wird, daß auch die Prothallien gleichartig (monöcisch) sind, und daß diese meistens als grüne, immer selbständig lebende Pflänzchen auftreten. Wir werden nun eine andere Klasse kennen lernen, in der zweierlei Sporen vorkommen, und die Prothallien bedeutend reduziert werden.

30. Kapitel.

Die Wasserfarne.

In gewissen Gegenden und einigen Gewässern Europas findet man eine freischwimmende, kleine Wasserpflanze, die Salvinia natans heißt und folgendermaßen aussieht: der kurze, dünne Stengel trägt auf beiden Seiten dicht gereihte und gegenüberstehende Blätter, die etwa wie eine große Wasserlinse ausaussehen; von demselben Punkt, wo zwei Schwimmblätter entspringen, geht ein kleines Faserbüschel aus, das man zunächst für eine Wurzel halten würde, das sich aber bei genauerer Prüfung als ein fein zerschnittenes, drittes Blatt des Quirles zu erkennen gibt. Wir haben also hier ungeteilte Schwimm- und zerschlitzte untergetauchte Blätter, wie bei gewissen Wasserranunkeln; Wurzeln aber fehlen ganz. Im Herbste, bevor die ganze Pflanze abstirbt, treten an den zerschlitzten Blättern kleine kugelige Früchte von ca. 3 mm Durchmesser auf (Fig. 58). Beim öffnen finden wir, daß innerhalb einer doppelten Wandung auf einem Fortsatze des Fruchtstieles die Sporangien aufsitzen, und wir erkennen daraus, daß eine solche Frucht einem Sorus des Farnkrautes und die Fruchtwandung dem Schleier oder Velamen entspricht. Wir finden aber außerdem, daß es zweierlei Früchte gibt: in den einen sind sehr viele, mit langen, dünnen Stielen versehene, kleine Sporangien vorhanden, die je 64 kleine Sporen enthalten, in den anderen sind die Sporangien weniger zahlreich, kurz gestielt, größer und enthalten nur

je eine Spore. Da makros groß und mikros klein heißt (griechisch), so unterscheiden wir also Makro- und Mikrosporen, die in Makro- und Mikrosporangien enthalten sind, und diese wieder finden sich in Makrosporangien- und Mikrosporangienfrüchten, wie es Fig. 60, I schematisch darstellt. Makro- und Mikrosporen liefern nun nach Analogie der Farne bei der Keimung die Prothallien, aber diese sind erstens von zweierlei Natur, weiblich und männlich, zweitens sind sie auch äußerst reduziert und bleiben in der Spore eingeschlossen. Ja nicht einmal die Sporen werden aus den Sporangien entleert, sondern nur die letzteren werden



Fig. 58. Salvinia natans. Ein Stück des Stengels mit 2 Schwimmblättern (b2 und b3) und einem Wasserblatt (b1) und Früchten (s) an letzterem.

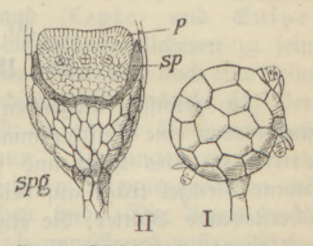


Fig. 59. Salvinia natans (nach Hegi). I. Keimung des Makrosporangiums, in dem die Mikrosporen eingeschlossen bleiben, und aus dem nur einige Antheridien heraustreten. II. Keimung der Makrospore, die im Sporangium (spg.) bleibt, deren Haut (sp.) aufgeplatzt und aus der das weibliche Prothallium (p) mit den Archegonien heraustritt.

durch Zerstörung der Fruchtwandung frei. Die Prothallien aus den Mikrosporen bestehen wesentlich aus zwei Antheridien, die sich durch die Sporen und Sporangienwand hindurch herausstrecken, damit die Spermatozoidien austreten können (Fig. 59, I). Das Prothallium aus der Makrospore sprengt deren Wand und die des Makrosporangiums, und so werden auch die drei Archegonien freigelegt, deren Eier befruchtet werden sollen (Fig. 59, II). Die einen Prothallien sind also rein männlich, die andern rein weiblich, und dieser Unterschied macht sich auch weiter rückwärts auf die ungeschlechtliche Generation bis zu den Früchten geltend. Der ganze Befruchtungsprozeß spielt sich hier

im Frühling im Wasser ab und zwar auf dem Grunde desselben, wohin die Früchte im Herbst gesunken sind, und wo sie den Winter über geruht haben. Aus dem befruchteten Ei entsteht ein eigentümlicher, wurzelloser Keimling, der zuerst ein pfeilspitzenförmiges Blatt bildet, mit dem er auf dem Wasser schwimmt, dann erst entsteht die regelmäßige, oben beschriebene Blattfolge.

Der Salvinia, einer Gattung mit elf Arten, ähnlich ist Azolla, von der verschiedene Arten ebenso wie die Salvinia bekanntlich als Aquariumpflanzen beliebt sind. Auch sie sind schwimmende Wasserpflanzen, aber mit wirklichen Wurzeln. Wie sich sonst die zwei Gattungen in den beiden Generationen unterscheiden, wollen wir nicht weiter besprechen, doch dürfte von allgemeinerem Interesse sein, daß von den eigentlich in Europa nicht heimischen Azolla-Arten eine, A. filiculoides aus Amerika, sich ähnlich wie Elodea (die Wasserpest) hier zu akklimatisieren anfängt und besonders in Frankreich an einzelnen Stellen reichlich auftritt.

Die beiden genannten Gattungen bilden die kleine Familie der Salviniaceen, und mit dieser ist am nächsten verwandt die wiederum nur aus zwei Gattungen gebildete Familie der Marsiliaceen, bei uns vertreten durch die kleinen Sumpfpflanzen Marsilia quadrifolia und Pilularia globulifera. Beide besitzen einen fadendünnen, auf der Erde kriechenden und mit Wurzeln befestigten Stamm, der nach oben zwei Reihen von Blättern bildet. Bei Marsilia sieht das Blatt einem vierblätterigen Kleeblatt ähnlich, es schlägt sich aber in der Nacht nicht wie dieses nach unten, sondern nach oben zusammen, bei Pilularia sind die Blätter pfriemenförmig und an der Spitze eingerollt wie bei den Farnen. Die Früchte stehen am Grunde des Blattes, sie sehen bei Marsilia kleinen, braunen Bohnen ähnlich, während sie bei Pilularia wirklich pillenförmig sind. Diese Früchte nun entsprechen nicht einem Sorus von Sporangien, sondern bei ihnen sind mehrere Sori in gemeinsame Hüllblätter eingeschlossen, und dies ist die charakteristische Eigenschaft der Familie der Marsiliaceen, nicht nur den Salviniaceen, sondern allen anderen Gefäßkryptogomen gegenüber. Die Frucht von Marsilia hat auf jeder Seite mehrere Reihen oder Sori, in denen Makro- und Mikrosporangien vereinigt sind (Fig. 60 III); wenn sie keimt, öffnet sie sich mit zwei Klappen, und es tritt

ein aus einer gallertigen, in Wasser aufquellenden Masse gebildeter, langer, wurmförmiger Strang hervor, der rechts und links die vielen, in je einen dünnen Schleier eingehüllten Sori trägt. Bei Pilularia ist die Frucht aus vier Teilen zusammengesetzt, die den Schalenstücken einer übers Kreuz geteilten Apfelsine entsprechen. Die Sori stehen auf der Mittellinie eines Fruchtblattes, sind durch Scheidewände voneinander getrennt und enthalten auch hier sowohl Makro- als auch Mikrosporangien (Fig. 60, II); bei der Reife springt die Frucht vom Scheitel aus klappenartig auf. Übrigens gibt es bei anderen Arten von Pilularia auch zwei- oder dreifächerige Früchte. Die Mikrosporangien enthalten bei Marsilia 48, bei Pilularia 32

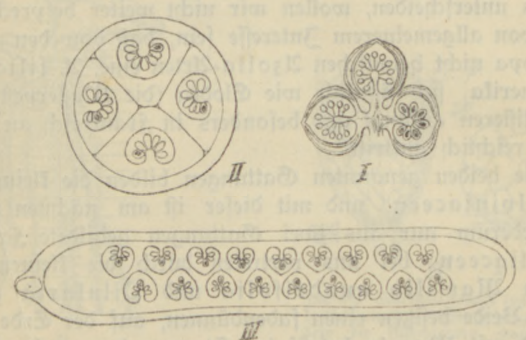


Fig. 60. Schematische Darstellung der Fruchtbildung bei Salvinia (I), Pilularia (II) und Marsilia (III). Die schwarzen Punkte sind die Makrosporen, von denen je eine in einem Makrosporangium liegt, die leergezeichneten Säckchen sind die Mikrosporangien, zur weiteren Orientierung wolle man den Text vergleichen.

Mikrosporen, die Makrosporangien bei beiden je eine Makrospore. Die Sporen werden frei, bilden aber ganz rudimentäre Prothallien, das weibliche sogar nur mit einem Archegonium. Pilularia hat ca. 6 Arten, Marsilia über 50, von denen die meisten in Australien vorkommen, so auch Marsilia salvatrix (die Retterin), so genannt, weil die Burkesche Expedition nach dem Innern dieses Erdteils durch die nahrungsreichen Sporenfrüchte vom Hungertode gerettet wurde.

Daß die Marsiliaceen und Salviniaceen besonders durch die Bildung der Sporenfrüchte ähnlich oder verwandt sind, ist leicht ersichtlich. Weniger klar ist ihre Verwandschaft mit den Farnen, doch werden wir bald sehen, daß sie diesen

jedenfalls näher stehen, als den anderen Gruppen. Zunächst zeigt sich dieses an der Blattbildung, denn sowohl bei den Schachtelhalmen als auch bei den Bärlappen sind die Blätter mehr oder weniger dem Stamm anliegende Schuppen, bei den Filicinen aber finden wir vom Stamm abstehende, meistens in Stiel und Spreite gegliederte Blätter, von den einfachsten (Pilularia) angefangen bis zu den höchst entwickelten, den riesigen Farnwedeln. Ferner ist charakteristisch, daß die Sporangien alle auf dem Rand oder der Unterseite der Blätter sitzen. Die Sporen sind bei den echten Farnen von einerlei Art, während wir bei den Salviniaceen und Marsiliaceen Makro- und Mikrosporangien unterscheiden. Wenn wir die Sache zwar gelehrter aber einfacher ausdrücken wollen, so sagen wir: die Filicinen (Farnpflanzen in weiterem Sinne) zerfallen in zwei Abteilungen, homospore oder gleichsporige und heterospore oder ungleichsporige. Dieselbe Einteilung können wir nun auch bei den Bärlappen und Schachtelhalmen machen, so daß ein recht übersichtliches System von drei Klassenpaaren zustande kommt, allerdings mit der Einschränkung, daß wir die ungleichsporigen Schachtelhalme nur noch in versteinertem Zustande kennen. Doch dies wollen wir erst näher ausführen, wenn wir die Pflanzen aus den übrigen Klassen des Systems besprochen haben.

31. Kapitel.

Die Schachtelhalme.

Der Ackerschachtelhalm ist als bösartiges Unkraut auf den Feldern und in Gärten, die an Felder grenzen, nur zu bekannt, und gegen diesen Schaden ist der Nutzen, den er durch seine gelegentliche Verwendung als Scheuerkraut bringt, recht unbedeutend. Die schwere Vertilgbarkeit dieses Unkrauts liegt wie bei der Quecke darin, daß es einen weit und recht tief in der Erde hinkriechenden Wurzelstock besitzt, aus dem immer wieder die grünen, quirlig verzweigten, aufrechten Sprosse hervorkommen. An dem kriechenden Rhizom, wie man diese queckenartigen Ausläufer nennt, und an den unteren Knoten der aufstrebenden Stengel entspringen die Wurzeln. Während nun Stamm- und Wurzelorgane gut entwickelt sind, treten die Blätter nur in Form einer rings geschlossenen Röhre auf, die den unteren Teil eines jeden ausgewachsenen Gliedes der Stengel und der Zweige

umgibt. Die Röhre ist oben in einzelne Zipfel geteilt, und jeder Zipfel entspricht einem Blatt des Quirles. Soviel Blätter im Quirl, so viel Seitenzweige sind auch vorhanden, aber diese kommen nicht oben aus der Röhre heraus, sondern durchbrechen sie an ihrem Grunde. Stengel und Zweige sind an der Spitze mit einer großen Scheitelzelle versehen, die in der Endknospe verborgen und geschützt liegt. Die Untersuchung dieses Punktes, wo das Wachstum durch ganz regelmäßige Zellteilungen vor sich geht, ist natürlich nur mit Hilfe des Mikroskopes möglich. Die Stengel sind durch die Blattquirle deutlich gegliedert, und jedes Glied ist hohl; um die Höhlung herum liegen in einem Kreise die Gefäßbündel, die so gebaut sind, daß wie bei den Blütenpflanzen der Holzteil nach der Stammachse, der Bastteil nach außen liegt. Die Steifheit der Stengel und ihre Verwendbarkeit als Zinn- oder Scheuerkraut ist besonders der an Kieselsäure reichen Oberhaut zuzuschreiben. Da nun die Blätter hier so stark reduziert sind, so müssen die Stengel mit ihrem grünen Gewebe die Tätigkeit besorgen, die sonst den grünen Blättern zukommt, nämlich durch Assimilation organische Substanz zu bilden.

Aber vergeblich wird man an den grünen Sprossen unseres Ackerschachtelhalmes nach irgendwelchen sporenbildenden Organen suchen. Wenn wir jedoch im ersten Frühjahr auf Wiesen, wo später auch dieser Schachtelhalm auftritt, Veilchen und Primeln pflücken, da fallen uns bleiche Stengel mit einer braunen Ähre am Ende auf, und daran, daß die bleichen Stengel mit ähnlichen Blattröhren versehen sind wie die grünen Sprosse des Schachtelhalmes, können wir wohl merken, daß sie zu ihm gehören. Wie nämlich der Huflattich zuerst seine gelben Blüten treibt, bevor die Blätter herauskommen, so entwickeln sich aus dem mit Nahrungsvorräten versehenen Rhizom des Schachtelhalmes zuerst die sporentragenden Sprosse, die nach der Verstäubung der Sporen zugrunde gehen, und dann kommen erst die grünen Sprosse, die, wie gesagt, die Funktion der Blätter zu erfüllen haben. Übrigens verhalten sich nicht alle Arten der Gattung Schachtelhalm (*Equisetum*) in derselben Weise. Bei manchen, zu denen der Wald- und der Wiesenschachtelhalm gehören, gehen die anfangs bleichen Sprosse mit den Sporenähren nicht nach der Sporenreife zugrunde, sondern werfen nur die Ähre ab, bekommen dann grüne Farbe und verzweigen sich,

wandeln sich also in solche Sprosse um, wie sie bei dem Ackerschachtelhalm in der zweiten Periode auftreten. Beim Sumpfschachtelhalm u. a. schließlich existieren gar keine solchen bleichen Sprosse, sondern die Sporenähren sitzen am Ende der grünen Sprosse, aber den fruchttragenden Sprossen gehen gewöhnlich ein oder zwei unfruchtbare voraus.

Nun aber müssen wir uns eine solche Sporenähre genauer ansehen (Fig. 61 I). Ihre Oberfläche wird von sechseckigen,

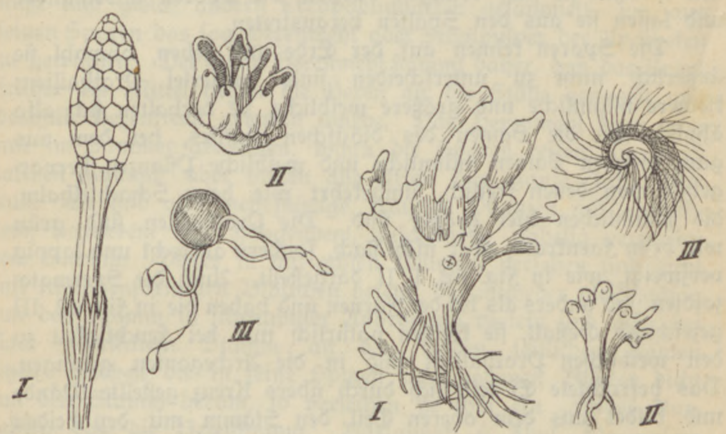


Fig. 61. Equisetum arvense. I. Ende des fruchttragenden Stengels mit der noch geschlossenen Ähre. II. ein Schildchen der Ähre von innen gesehen: in der Mitte der Stiel, um diesen die geöffneten Sporangien. III. eine Spore mit der in 4 Bänder abgelösten äußeren Haut. (II. nach Luerssen, III. nach Wettstein).

Fig. 62. Equisetum. I. (nach Hegi) weibliches Prothallium, unten Wurzelhaare, an dem dicksten Teil einige Archegonien. II. (nach Hofmeister): männliches Prothallium, an dem Ende einige Antheridien. III. (nach Belajeff) ein einzelnes Spermatozoid.

dunkelgefärbten Tafeln eingenommen, die anfangs dicht zusammenschließen, später auseinander rücken. Zerlegen wir die Ähre, so zeigt es sich, daß jede Tafel auf der Innenseite in der Mitte durch einen Stiel an der durchgehenden Achse befestigt ist, und daß die Stiele im Quirl um die Achse stehen wie die Blätter. Die gestielten Täfelchen sind nämlich auch umgebildete Blätter, also Fruchtblätter, die rings um den Stiel die Sporangien tragen, die in Gestalt kleiner Säckchen an der Innenseite der sechseckigen Platte angewachsen sind, was man aus Fig. 61 II erkennen wird. Die Wand des Säckchens besteht aus einer Schicht

spiralig verdickter Zellen und reißt auf der dem Stiel zugewendeten Seite auf. Die in den Säckchen enthaltenen Sporen werden frei und quellen förmlich zwischen den Platten heraus. Das beruht auf einer ganz eigentümlichen Beschaffenheit der Sporenhaut, die auch hier aus zwei Schichten besteht. Die äußere Schicht löst sich nämlich in vier scheinbar von einem Punkte ausgehende Bänder auf, die sehr hygroskopisch sind (Fig. 61, III). In feuchtem Zustand legen sie sich dicht um die Spore herum, im trockenen spreizen sie sich, drängen dadurch die Sporen auseinander und lassen sie aus den Spalten heraustreten.

Die Sporen keimen auf der Erde und geben, obwohl sie äußerlich nicht zu unterscheiden sind, zweierlei Prothallien: kleinere männliche und größere weibliche, sie verhalten sich also ähnlich wie die Samen des diözischen Hanfes, bei dem aus ganz gleichen Samen männliche und weibliche Pflanzen hervorgehen, von denen freilich, umgekehrt wie beim Schachtelhalm, die männlichen hier größer sind. Die Prothallien sind grün wie beim Farnkraut, aber nicht flach, sondern aufrecht und lappig verzweigt, wie in Fig. 62, I, II dargestellt. Auch die Spermatozoidien sind anders als bei den Farnen und haben die in Fig. 62, III gezeichnete Gestalt, sie können natürlich nur bei Feuchtigkeit zu den weiblichen Prothallien und in die Archegonien gelangen. Das befruchtete Ei teilt sich durch übers Kreuz gestellte Wände und bildet aus dem oberen Teil den Stamm mit den beiden ersten Blättern, aus dem unteren Teil die Wurzel und den kleinbleibenden „Fuß", d. h. also das Organ, mit dem die junge ungeschlechtliche Pflanze in der geschlechtlichen befestigt ist. Da die Archegonien auf der Oberseite des Prothalliums liegen, so braucht die junge Pflanze nur gerade in die Höhe zu wachsen, sie wird, während das Prothallium zugrunde geht, allmählich zum normalem Schachtelhalm.

Die 25 Arten der Gattung Equisetum sind mehr oder weniger von demselben Habitus, einige kaum, andere stark verzweigt, sie bleiben aber immer krautig, wie sogar der in Südamerika vorkommende Riesenschachtelhalm (E. giganteum), der über 12 m lang wird, aber, da er nur 2 cm dick wird, als Kletterpflanze ausgebildet ist. Die ungleichsporigen Equiseten, die den gleichsporigen gegenüberstehende Gruppe, versparen wir uns auf das Kapitel über die fossilen Kryptogamen.

32. Kapitel.

Die Bärlappgewächse.

An manchen Orten verkauft man im Winter, besonders in der Weihnachtszeit als ein gleich dem Tannenbaum immergrünes Gewächs, das sog. Schlangenmoos (Lycopodium clavatum), das seinen Namen daher hat, daß sein Stengel schlangenähnlich über den Boden des Waldes kriecht. Außerdem wird es benutzt und gleich andern Lycopodiumarten gesammelt, um aus seinen Sporen das sog. Hexenmehl oder Streupulver der Apotheken zu gewinnen. Der Name Hexenmehl stammt daher, daß das Kraut früher als Mittel gegen die Hexen an die Ställe genagelt und deshalb Hexenkraut genannt wurde. Das Hexenmehl kann man nur im Sommer gewinnen, wann die Sporen reifen, im vegetativen Zustand aber halten alle Arten das ganze Jahr über aus. Es sind also mehrjährige, krautige Pflanzen mit aufrechtem, liegendem oder hängendem, anscheinend gabelig verzweigtem Stamm. Dieser ist mit echten Wurzeln versehen und dicht mit schuppenförmigen Blättchen besetzt, die entweder gleichmäßig um den Stamm in schraubiger Anordnung verteilt sind oder bei flach gedrücktem Stamm an den beiden seitlichen Kanten sitzen. Stehen die in feine Spitzen ausgezogenen Blätter dicht um den Stamm herum, so verleihen sie ihm ein zottiges Aussehen, das die Bezeichnung „Bärlappe" u. ähnl. für unsere Pflanzen veranlaßt hat. Die Sporangien sind in eine endständige Ähre vereinigt wie beim Schachtelhalm, aber die Ähren sind ganz anders gebaut. Die sporangientragenden Blätter nämlich sind nicht wesentlich von den gewöhnlichen Stengelblättern verschieden, und bei einigen Arten geht der Stengel ohne scharfe Grenze an der Spitze in die Sporangienähre über. Meistens freilich sind die Ähren deutlich vom Stamme zu unterscheiden und bei dem oben erwähnten L. clavatum stehen sie noch an besonderen Stielen, d. h. unterhalb der Ähren sind die Stengel mit wenigen, kleinen Blättern besetzt, nicht so dicht beblättert wie am übrigen Teil der Pflanze. Die Sporangien sitzen einzeln auf dem Blattgrunde, fast in der Blattachsel, und haben eine nierenförmige Gestalt, was aus Fig. 63, I zu ersehen ist. Ihre mehrschichtige Wandung öffnet sich muschelartig durch einen über den Scheitel verlaufenden Riß. Die Sporen sind alle von derselben Art, meistens von der Form eines Kugelvierteils: an

dieser Gestalt und an der Zeichnung auf der Sporenhaut kann man im Mikroskop erkennen, ob das gekaufte Hexenmehl rein oder verfälscht ist. Da die Bärlappe wohl ziemlich bekannte Pflanzen sind, so wollen wir uns mit dieser kurzen Beschreibung ihrer ungeschlechtlichen Generation begnügen, denn die geschlechtliche ist hier nicht so einfach zu beschreiben und ist je nach den Arten recht verschieden.

Gerade die Prothallien der deutschen Arten hat uns erst Ende des vorigen Jahrhunderts Bruchmann kennen gelehrt, während die einiger javanischer Arten schon früher bekannt waren. Zuerst ist 1857 von de Bary die Keimung der Sporen beobachtet worden und zwar bei L. inundatum, dann fand man einzelne Prothallien von dieser und jener Art und jetzt kann man 5 verschiedene Typen unterscheiden. Diesen ist gemeinsam, daß Antheridien und Archegonien auf demselben Prothallium stehen, daß aber der die Geschlechtsorgane tragende Teil von dem rein vegetativen mehr oder weniger scharf gesondert ist. In dem letzteren ist oft eine deutliche Scheidung der Gewebe eingetreten, und in den äußeren Rindenzellen findet sich fast stets ein Fadenpilz, der mit dem Prothallium in Symbiose lebt. Bei L. clavatum und annotinum stellen die Prothallien kleine, fleischige Körper von unregelmäßiger, lappiger Gestalt vor. Ihre Auffindung war ganz besonders schwierig und wird auch immer eine sehr mühsame sein, da sie in der Tiefe des humosen Waldbodens leben, wohin die Sporen erst allmählig durch die Tätigkeit von Tieren und Menschen oder des Wassers gelangen. Ähnlich verhalten sich die Prothallien von L. complanatum, die aber eine mehr rübenförmige Gestalt haben, wie es unsere Fig. 63, II zeigt. Die von L. Selago sind teils unterirdisch, weiß und also ganz saprophytisch, teils treten sie an die Oberfläche, werden grün und können assimilieren, während sie sich zugleich saprophytisch ernähren. Bei dem einheimischen L. in-

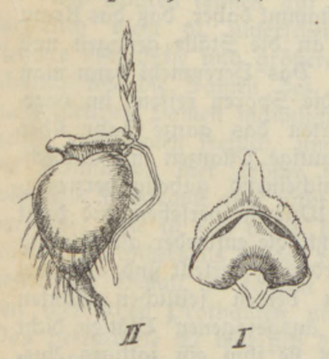


Fig. 63. Lycopodium complanatum (nach Hegi). I. Ein Blatt der Fruchtähre von innen, es zeigt die Kapsel, die sich mit einem Riß über den Scheitel öffnet. II. Der rübenförmige Körper ist ein Prothallium, das unten Wurzelhaare, oben an dem Wulst die Geschlechtsorgane trägt, und dem eine Keimpflanze ansitzt.

undatum, dem ausländischen L. cernuum u. a. wird das Prothallium ein knollenförmiger Körper, der sich unten mit Wurzelhaaren in der Erde befestigt uud an seinem oberen, lappigen, grünen Teil Antheridien und Archegonien trägt. Bei dem ausländischen L. Phlegmaria schließlich leben die Prothallien zwischen den Borkenschuppen der Bäume auf Java in Form chlorophyllfreier, strangförmiger, verästelter Gewebekörper. Wie die Prothallien verschieden sind, so zeigen sich auch nach derselben Gruppierung gewisse Unterschiede in der Entwicklung der Keimpflanze, für die im allgemeinen charakteristisch ist, daß die obere Hälfte des Eies einen sog. Embryoträger liefert, daß an dem jungen Keimling selbst zuerst ein Fuß und ein Keimblatt entsteht, und daß die erste Wurzel erst nachträglich auftritt.

Auf das Nähere in dieser Hinsicht können wir ebensowenig eingehen, wie auf die Beschreibung der anderen Gattungen, die noch hierher gehören. Neben Lycopodium (gegen 110 Arten, darunter 6 deutsche) ist noch die Gattung Phylloglossum mit einer australischen Art vorhanden, und beide bilden die Familie der Lycopodiaceen. An sie schließt sich die kleine Familie der Psilotaceen an, ebenfalls mit zwei Gattungen, deren 6 Arten in den Tropen leben und nur in der ungeschlechtlichen Generation bekannt sind. Von den Lycopodiaceen unterscheiden sie sich durch die etwas andere Stellung der Sporangien und durch deren Teilung in zwei oder drei Fächer. Bei beiden Familien aber gibt es nur einerlei Sporen: sie sind homospor im Gegensatz zu der heterosporen Gruppe, die wir im folgenden Kapitel besprechen.

33. Kapitel.

Der Moosfarn und das Brachsenkraut.

Die zwei im Titel genannten Pflanzen sind äußerlich sehr verschieden, die eine ist, wie der Name sagt, moosähnlich, die andere, deren Name von dem Fisch Brachse abgeleitet ist, sieht eher wie ein Gras aus und lebt im Wasser. Aber trotz gewisser wichtiger Unterschiede, die nicht bloß das verschiedene Aussehen der sporentragenden Pflanzen betreffen, sondern in den Eigenschaften der geschlechtlichen Generation beruhen, kann man diese beiden Pflanzen als heterospore Lycopodinen zusammenfassen. Daß der Moosfarn oder die zierliche Selaginella mit den Bärlappen verwandt ist, lehrt uns schon der Augenschein:

früher wurden sogar die Selaginellaarten unter dem Namen Lycopodium aufgeführt. In größeren Gewächshäusern benutzt man sie gern als rasenbildende Pflanzen, auch kultiviert man mehrere Arten ihres zierlichen Laubes wegen, da sie aber große Feuchtigkeit der Luft bedürfen, so kommen sie im Zimmer meist schlecht fort. Im Freien findet man in Deutschland zwei sehr kleine Arten: S. helvetica und S. spinulosa, die erstere mit plattgedrücktem Laub, d. h. deutlich zweireihig beblättertem Stengel, die andere mit ringsum beblättertem Stengel, dessen Blätter, wie der Name sagt, als kleine spitze Schuppen ausgebildet sind. Bei der ersteren Form ist zu beachten, daß in einer Reihe immer ein großes und ein kleines Blättchen abwechselt, und die beiden Reihen so angeordnet sind, daß einem großen der einen Reihe ein kleines der anderen gegenüber steht. Diese Blattbildung finden wir auch bei den meisten ausländischen Arten, von denen gegen 500 bekannt sind und zwar meistens aus den feuchten Tropengebieten. Hierher gehört auch die aus dem westlichen Nordamerika stammende S. lepidophylla, die, aus der Erde genommen, vollständig austrocknen, in feuchte Erde gepflanzt aber wieder weiterwachsen kann und deswegen als eine sog. Auferstehungspflanze verkauft wird.

Von dem Brachsenkraut (Isoëtes) kennen wir ca. 60 Arten, die über alle Erdteile verbreitet sind und teils ganz unter Wasser, wie unsere beiden deutschen Arten, teils amphibisch, teils ganz auf dem Lande leben. Während die Selaginellen dünne, reichverzweigte und gabelig geteilte Stengel besitzen, findet sich bei Isoëtes nur ein einfacher, kleiner, knolliger, unten mit Wurzeln befestigter Stamm, aus dem sich ein Büschel pfriemenförmiger Blätter erhebt, die kurz und starr oder lang und überhängend sein können (Fig. 64, A). Der Stamm, der fast immer unverzweigt ist, zeichnet sich dadurch aus, daß er als der einzige von allen lebenden Gefäßkryptogamen mit Hilfe einer bestimmten Zuwachszone in die Dicke wächst: nach innen bildet sich neues Holz, nach außen Rindengewebe, letzteres besonders an zwei bis drei Stellen, und hier entstehen dadurch nach außen vorspringende Platten, zwischen denen die Wurzeln herauskommen. Trotz des Dickenwachstums ist von stärkerer Holz- oder Stammbildung nicht die Rede, es bleibt immer bei der kurzen Knolle. Die Blätter sind da, wo sie am Stamm ansitzen, breit schuppenförmig und nehmen erst nach obenhin die pfriemenartige Gestalt an.

Das Gemeinsame der beiden Gattungen und dieser mit den Lycopodiaceen liegt nun darin, daß die Sporangien in den Achseln der Blätter sitzen, während wir aber bei Lycopodium nur einerlei Sporangien und Sporen haben, unterscheiden wir bei Selaginella und Isoëtes Makro- und Mikrosporangien und Makro- und Mikrosporen: Selaginella und Isoëtes verhalten sich also Lycopodium gegenüber wie Salvinia und Marsilia zu den echten Farnkräutern. Selaginella ist auch bei der Fruktifikation Lycopodium noch sehr ähnlich d. h. die Sporangien stehen in endständigen Ähren, die sich äußerlich meistens deutlich von den sterilen Ästen durch die dichter anliegenden und gleichmäßigen Blätter abheben. Mikro- und Makrosporangien finden sich in derselben Ähre, aber nicht durcheinander gemischt, sondern nach den verschiedenen Seiten oder nach der Höhe getrennt. In den Mikrosporangien teilen sich sämtliche Sporenmutterzellen und bilden eine große Menge von zu viert tetraedrisch angeordneten Mikrosporen, in den Makrosporangien teilt sich nur eine Mutterzelle und liefert vier große Sporen, während die übrigen Sporenmutterzellen ungeteilt und verkümmert zurückbleiben. Bei Isoëtes sieht man äußerlich nichts von der Fruktifikation, höchstens erscheint zur Zeit der Sporenbildung der untere Teil, wo die Blätter entspringen, etwas stärker angeschwollen. Die Sporangien sitzen nämlich am Grunde der Blätter selbst, in einer Grube auf der Innenseite, von den Rändern der Grube mehr oder weniger überdeckt. Makro- und Mikrosporangien finden sich auf verschiedenen Blättern, jene auf den weiter außen, diese auf den weiter innen stehenden. Jedes Sporangium ist in eine Anzahl von Kammern geteilt, die sich wie ein ganzes Sporangium von Selaginella verhalten: in den Makrosporangien enthält jede Kammer eine Makrospore (Fig. 64, D), in den Mikrosporangien jede Kammer zahlreiche Mikrosporen (Fig. 64, B). Die Sporen werden frei, indem die Blätter sich ablösen und die Sporangienwände zerstört werden.

Die bei der Keimung der Sporen entstehende, geschlechtliche Generation ist in ähnlicher Weise reduziert, wie bei den ungleichsporigen Filicinen und tritt nicht aus der Spore heraus. Das männliche Prothallium, aus wenigen Zellen bestehend, bildet nur ein Antheridium mit wenigen Spermatozoidien, das weibliche Prothallium ist zwar etwas größer und besteht aus

mehr Zellen, aber es wird auch nicht grün und bildet da, wo die Sporenmembran aufspringt, einige einfache Archegonien. Bei **Selaginella** ist die Entwicklung insofern noch von Interesse, als wir hier schon ähnliche Verhältnisse, wie bei den Blütenpflanzen finden. Es bildet sich nämlich aus dem untern Teil des Sporeninhaltes ein dem Endosperm entsprechendes Nährgewebe, in das der Keimling, der sich aus dem befruchteten Ei entwickelt, durch die Bildung eines Embryoträgers hinabgeschoben wird. Wir sehen dies in Fig. 65 dargestellt; wir brauchen uns nur zu denken, daß an Stelle der dicken, aufgesprengten Sporenhaut eine ringsum geschlossene, vielzellige Hülle vorhanden wäre, und wir würden dann fast genau das Bild

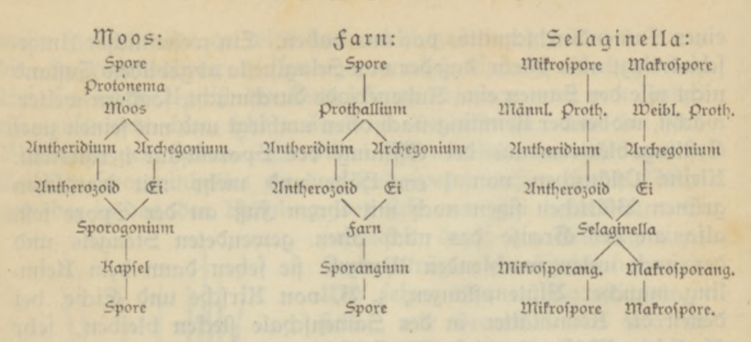
Fig. 64. Das Bachsenkraut, Isoetes lacustris. A. Ganze Pflanze (etwas verkl.) B. eine Mikrospore, in der sich das rudimentäre Antheridium gebildet hat. C. Spermatozoidien. D. Eine Makrospore. E. weibliches Prothallium im Längsschnitt mit dem einen Archegonium (nach Luerssen).

Fig. 65. Selaginella spinulosa (nach Bruchmann). Längsschnitt durch die geöffnete Makrospore, in der sich ein weibliches Prothallium entwickelt hat, außen ein Haarbüschel. Der Keimling, der sich aus dem befruchteten Ei eines Archegoniums gebildet hat, liegt in dem Gewebe eingeschlossen, wie der Keimling im Nährgewebe des Samens bei einer Blütenpflanze.

eines Samendurchschnittes vor uns haben. Ein wesentlicher Unterschied liegt aber darin, daß der von Selaginella abgebildete Zustand nicht wie der Samen eine Ruheperiode durchmacht, sondern weiterwächst, wobei der Keimling nach oben umbiegt und mit seinen zwei Erstlingsblättern aus der Öffnung der Sporenhaut heraustritt. Kleine Pflänzchen von 1 cm Höhe und mehr mit deutlichen grünen Blättchen sitzen noch mit ihrem Fuß an der Spore fest, also an der Grenze des nach oben gewendeten Stengels und der nach unten wachsenden Wurzel: sie sehen dann dem Keimling mancher Blütenpflanzen, z. B. von Kirsche und Eiche, bei denen die Keimblätter in der Samenschale stecken bleiben, sehr ähnlich. Während diese Ähnlichkeit mehr eine äußerliche ist, läßt sich in den Verhältnissen der geschlechtlichen Generation von Selaginella nun schon ganz deutlich die Analogie mit den Befruchtungsvorgängen bei den Phanerogamen nachweisen, wir können aber diesen Übergang hier nicht genauer schildern, wir verweisen vielmehr auf das 4. Kapitel des schon mehrfach von uns zitierten Heftes von Giesenhagen und auf das die Phanerogamenkunde enthaltene Heft von Gilg aus dieser Sammlung. Da wir aber mit der Besprechung der Selaginella an das Ende der Gefäßkryptogamen gekommen sind, so wollen wir die auf Seite 149 schon angedeutete Familienübersicht in Tabellenform hier anführen:

		Gleichsporige:	Ungleichsporige:
1. **Filicinae:**	A. Sporangienwand einschichtig:	Filices	Salviniaceae.
	B. Sporangienwand mehrschichtig:	Marattiaceae und Ophioglossaceae.	Marsiliaceae.
2. **Equisetinae:**		Equisetaceae	ausgestorben.
3. **Lycopodinae:**		Lycopodiaceae	Selaginellaceae.
		Psilotaceae	Isoëtaceae.

Ferner können wir hier noch die Analogie der verschiedenen Generationen für Moose, gleichsporige und ungleichsporige Gefäßkryptogamen dadurch deutlicher zu machen versuchen, daß wir sie in eine Tabelle bringen; um aber nicht zu weitläufig zu werden, wählen wir von den Gefäßkryptogamen nur einen Farn und Selaginella, wonach man sich die anderen leicht konstruieren kann. Bei allen lassen wir die Entwicklung von der Spore ausgehen, und die in gleicher Horizontallinie stehenden Entwicklungsstufen sind somit einander homolog oder morphologisch gleichwertig.



34. Kapitel.

Die Gefäßkryptogamen der Vorzeit.

Unsere Aufgabe wäre mit dem vorigen Kapitel abgeschlossen, wenn wir nur die lebenden Vertreter der Kryptogamen berücksichtigen wollten. Bei Algen, Pilzen, Flechten und Moosen können wir uns auch damit begnügen, bei den Farnen und ihren Verwandten aber nicht, denn es zeigt sich, daß gerade sie ihre Hauptentwicklung in weit zurückliegenden Zeiten gehabt haben, und daß speziell in der Steinkohlenzeit die Wälder zum großen Teil aus baumartigen Gefäßkryptogamen bestanden haben, unter denen auch die ungleichsporigen, jetzt ausgestorbenen Schachtelhalme eine große Rolle gespielt haben. Da in der Vorzeit die klimatischen Verhältnisse auf der Erde ganz anders waren, so hat auch eine andere Verteilung der Pflanzen stattgefunden, und Farne und ähnliche Gewächse sind an solchen Orten vorgekommen, wo man heutzutage keine findet. So hat man Abdrücke von Farnen aus der Devonzeit sogar im arktischen Gebiete gefunden, wo damals und noch über die Steinkohlenzeit hinaus ein subtropisches Klima herrschte.

Die Farne selbst gehören zu den ältesten Landpflanzen, und wir finden ihre versteinerten Blätter bereits in der silurischen Periode, am reichsten entwickelt aber in der Steinkohlenzeit, aus der vielleicht 200 verschiedenartige Formen bekannt sind, die heute nicht mehr vorkommen: sie waren damals wie heute teils kraut- und strauchartig, teils baumförmig und gehörten jedenfalls zu den wesentlichsten Bestandteilen der Flora. In ähnlicher Bedeutung erhalten sie sich noch in der folgenden Sekundärzeit, erst vom Tertiär an herrschen sie nicht mehr so durch Größe

und Häufigkeit, auch können wir die aus dieser Periode stammenden Abdrücke wenigstens in die Gattungen einreihen, die durch die jetzt lebenden Arten gebildet werden, wenn auch nicht mit diesen letzteren selbst identifizieren. Da nun meistens nur die Wedel ohne Fruktifikation erhalten sind, so muß zur Bestimmung wesentlich die Nervatur des Blattes verwendet werden, weshalb man dafür ein ganz besonderes Benennungssystem aufgestellt hat. Für versteinerte Farnstämme, zu denen die Blätter fehlen, hat man hauptsächlich die Gattung Psaronius aufgestellt, von der nach der äußeren Beschaffenheit und dem inneren Bau zahlreiche Arten unterschieden werden; die Psaronien kommen vorwiegend im Rotliegenden vor.

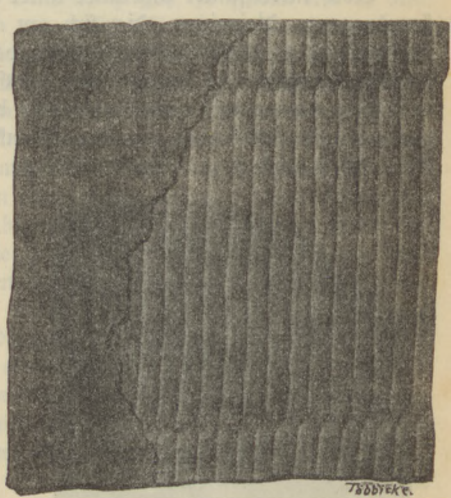


Fig. 66. Stück eines Calamitensteinkernes.

Von den ungleichsporigen Farnen hat man keine sicheren Reste, aber vielleicht sind hierher zu rechnen die nur fossil bekannten Sphenophyllaceen aus der palaeolithischen und dem Anfang der Trias-Periode. Es waren kleine, unregelmäßig verzweigte Pflanzen mit wirtelig gestellten, keilförmigen Blättern; die fruchtbaren Blätter trugen die Sporangien auf ihrer Oberseite und bildeten endständige Ähren. Man vermutet, daß es Wasserpflanzen waren, und das ist wohl der hauptsächlichste Grund, warum man an eine Verwandtschaft mit Salvinia gedacht hat.

Auch von den echten Schachtelhalmen kennt man versteinerte Reste, die man teils in die Gattung Equisetum, teils in andere Gattungen gestellt hat. Mehr Interesse verdient es aber, daß die Lücke im System der lebenden Gefäßkryptogamen, die durch das Fehlen ungleichsporiger Equisetinen gebildet wird, durch die Versteinerungen ausgefüllt wird: Es sind vornehmlich die Calamarien (Halmgewächse), riesige Formen, von denen

man 10—12 m hohe Stämme im fossilen Zustande gefunden hat. Der Stamm hatte hohle Glieder und abwechselnd stehende Rillen wie die heutigen Schachtelhalme (Fig. 66), er wuchs aber auch durch eine Zuwachszone in die Dicke wie unsere Laub- und Nadelbäume. Die bis 30 cm langen Sporangienähren waren denen von Equisetum ähnlich. Die Calamarien erreichten den Höhepunkt ihrer Entwicklung in der Steinkohlenformation und starben am Schluß der Primär-Periode aus. Ob die sog. Annularien eigenartige Pflanzen oder nur Zweige von gewissen Calamarien waren, ist noch unentschieden.

Noch interessanter sind aber unter den ausgestorbenen Gefäßkryptogamen diejenigen, die sich an die Bärlappe und an Selaginella anschließen: die Schuppen- und die Siegelbäume. Erstere, hauptsächlich durch Arten der Gattung Lepidodendron vertreten, kennen wir vom Devon an bis zum Rotliegenden, besonders aber wiederum aus der Steinkohlenzeit. Es waren bis über 30 m hohe, gabelig verzweigte Bäume, deren Rinde in



Fig. 67. Rindenskulptur eines Lepidodendron.

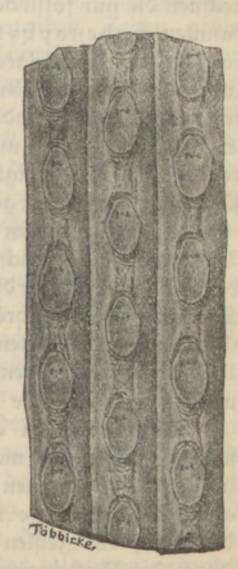


Fig. 68. Rindenskulptur einer Sigillarie.

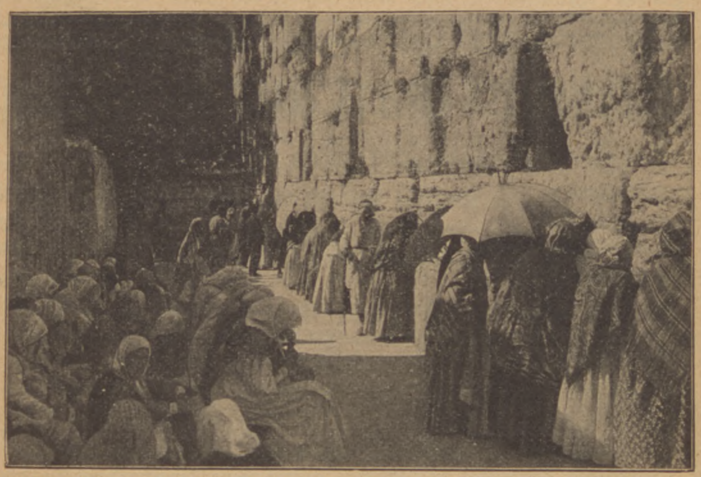
rhombische Felder geteilt ist. Die Felder entsprechen den Blattnarben und diese stehen in dicht aneinanderstoßenden Schrägzeilen, wie die Schuppen des Tannenzapfens (Fig. 67). Die Blätter, die man noch an den Zweigenden findet, sind von lineal schuppenförmiger Gestalt. Die großen Sporangienähren waren tannenzapfenähnlich und trugen verhältnismäßig riesige Sporangien, man kennt solche von 2 cm Länge. Bei manchen hat man oben in der Ähre Mikro- unten Makrosporangien gefunden, bei andern scheinen die zweierlei Sporangien in besonderen Zapfen zu stehen. Wie die Lepidodendronstämme ein Dickenwachstum ähnlich unsern Bäumen zeigen, so finden wir es auch bei den Siegelbäumen oder Sigillarien, die so genannt werden, weil die in deutlichen Längsreihen stehenden Blattnarben einem Siegelabdruck ähnlich sind (Fig. 68). Die Sigillarien sind nur wenig oder gar nicht verzweigt gewesen und haben wohl eher den Habitus eine Dracaene gehabt. Die Sporangienzapfen kommen direkt aus dem Stamm und hinterlassen besondere Narben zwischen den Blattnarben. Man kennt nur einerlei Sporen, nimmt aber an, daß es Makrosporen sind. Am reichlichsten finden sich die Sigillarien im mittleren Carbon und gehen in den geologischen Schichten noch etwas höher hinauf als die Lepidodendren. Die sog. Stigmarien sind offenbar nur die Stammstümpfe derjenigen Pflanzen, deren oberirdische Teile den Lepidodendren oder Sigillarien zugerechnet werden.

Wir haben nun in diesen fossilen Resten von Farnen, Schachtelhalmen, Bärlappen und Verwandten den Beweis, wieviel reicher entwickelt jene Ordnungen in der Vorwelt waren, so daß wir gegenwärtig gewissermaßen nur die spärlichen und verkümmerten Nachkommen eines ursprünglich starken und großen Geschlechtes sehen. Daß aber die Farne, Bärlappe und Schachtelhalme nur noch die Überbleibsel längst vergangener Zeiten sind, scheinen wir unwillkürlich zu empfinden, indem sie uns zwischen den anderen Pflanzen so fremdartig anmuten, besonders etwa da, wo ansehnliche Farne in größerer Menge im Walde auftreten oder wo ein Sumpf von einem kleinen Wald von Schachtelhalmen überzogen ist. Übrigens ist das Verhältnis zwischen den heutigen und den vorweltlichen Gefäßkryptogamen ein ganz ähnliches wie das zwischen den gegenwärtigen Reptilien und den riesigen Sauriern der Vorwelt, die zum Teil noch gleichzeitig mit den Schuppenbäumen und baumförmigen Schachtelhalmen

gelebt haben. Wie nun die Reptilien eine Vorstufe zu den auf der höchsten Entwicklungsstufe stehenden Vögeln und Säugetieren bilden, so sind auch die Farne und ihre Verwandten als die Vorstufe zu den Blütenpflanzen, den Phanerogamen, anzusehen, was sich morphologisch ganz klar nachweisen läßt. Aber nicht nur die genannten fossilen Gruppen waren in jenen fernen Erdperioden stark entwickelt, sondern es gab auch noch wirkliche, jetzt nicht mehr vorhandene Übergangsformen, über deren Zugehörigkeit, ob sie den höchsten Gefäßkryptogamen oder den niedersten Phanerogamen, also den Cycadeen (Farnpalmen) und Coniferen (Nadelhölzern) angehören, die Gelehrten noch streiten. Es sind dies vor allen die sog. Cycadofilices, deren Name schon ausdrücken soll, daß sie halb Cycadeen, halb Farne sind; ja von manchen dieser Formen, die ihren Blättern und ihrem Stammbau nach zu den Farnen gestellt sind, ist es jetzt wahrscheinlich, daß sie Samen von derselben Beschaffenheit wie unsere heutigen Cycadeen trugen. Ein schönerer Beleg der allmählichen Entwicklung der Pflanzenwelt von Gruppe zu Gruppe ist kaum zu erwarten. Was Hofmeister 1851 durch seine klassischen „Untersuchungen der Keimung, Entfaltung und Fruchtbildung höherer Kryptogamen und der Samenbildung der Coniferen" in morphologischer Hinsicht dargelegt hat, nämlich daß von den Moosen zu den Coniferen eine aufsteigende Reihe, die der „Archegoniaten" vorhanden ist, das wird durch die paläontologischen Funde besonders für den oberen Teil der Reihe in deutlichster Weise bestätigt. Darum konnten wir es auch nicht unterlassen, wenigstens mit einigen Worten auf die fossilen Gefäßkryptogamen einzugehen.

Ohne die Kenntnis von den Fortpflanzungsverhältnissen der höheren Kryptogamen ist es nicht wohl möglich, die der Phanerogamen in richtiger Weise zu verstehen. Die höheren Kryptogamen leiten sich aber offenbar von den niederen ab; die Kryptogamen bilden den wichtigen unteren Teil des Stammbaumes des Pflanzenreiches und verdienen deswegen, daß man sich mit ihnen ebensogut wie mit den Blütenpflanzen beschäftigt. Möge unsere Darstellung die Anfänge dieser Kenntnis vermitteln und zu weiterem Studium anregen!

Religion und Philosophie.



Die Klagemauer der Juden. Aus: Löhr, Volksleben im Lande der Bibel.

David und sein Zeitalter Von Prof. Dr. B. Baentsch 8. 176 S. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Der Verfasser stellt seinen Helden mitten hinein in die großen weltgeschichtlichen Zusammenhänge des alten Orients und legt die Bedingungen klar, die das Aufkommen des Davidschen Königtums ermöglichten. Davids Leben und Wirken aber tritt uns um so deutlicher in seiner ganzen religiösen und politischen, weit über seine Zeit hinausragenden Bedeutung entgegen.

Die babylonische Geisteskultur Von Prof. Dr. H. Winckler (vgl. Geschichte).

Die Poesie des Alten Testaments Von Prof. Dr. E. König 8. 164 S. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Unter vergleichender Heranziehung der arabischen und babylonischen Literatur wird hier die althebräische Dichtung nach Form und Inhalt an Hand zahlreicher Proben eingehend untersucht, psychologisch und ästhetisch analysiert und nach den Gesichtspunkten der allgemeinen Poetik dargestellt. Das mit feinem Empfinden geschriebene Buch wird vielen die Augen öffnen für die erhabene Schönheit alttestamentlicher Dichtung und zugleich eine Einführung sein in die Geisteskultur des alten Israel.

Christus Von Prof. Dr. O. Holtzmann 8. 152 S. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

„Mit einer wunderbaren Ruhe, Klarheit und Überzeugungskraft faßt H. die Stücke zu einem abgerundeten, einheitlichen Bilde zusammen, die für die Jesusforschung bedeutsam waren und als ihr Reinertrag bezeichnet werden können.“ K. Koch. (L. Bl. z. Pd. Ztg. 07.)

Aus dem Inhalt: Das Christentum in der Geschichte. — Volk und Heimat Jesu. — Quellen des Lebens Jesu. — Glaubwürdigkeit der drei ersten Evangelisten. — Geschichte Jesu. — Das Evangelium Jesu. — Der Sünderheiland. — Die Glaubenstatsachen des Lebens Jesu. — Erlöser, Versöhner, Messias.

Volksleben im Lande der Bibel Von Prof. Dr. M. Löhr 8. 138 S. mit zahlr. Städte- und Landschaftsbildern. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

„. . . Verfasser gibt auf Grund eigener Reisen und genauer Kenntnis der Literatur eine Charakteristik von Land und Leuten, schildert das häusliche Leben, die Stellung und das Leben des Weibes, das Landleben, das Geschäftsleben, das geistige Leben, und schließt mit einem Gang durch das moderne Jerusalem. Überall zieht er die Berichte der Bibel vergleichend heran, untersucht, was noch von alten Sitten erhalten ist und verfolgt die seitherige Entwickelung. Daneben wendet er seine Aufmerksamkeit auch den modernen Zuständen zu. Wer die Eigenart und Bedeutung des heiligen Landes kennen lernen will, wird gern zu diesem empfehlenswerten, flott geschriebenen Büchlein greifen.“ (Ev. Gemeindebote. 5. Jg.)



Am Tiberiassee. Die Quelle Hephapegon. Im Hintergrunde das Hospiz des P. Biener. Aus: Löhr, Volksleben im Lande der Bibel.



Schleiermacher, Buchschmuck von Bruno Héroux.
Aus: Unsere religiösen Erzieher.

Die Weltanschauungen der Gegenwart in Gegensatz und Ausgleich Von Prof. Dr. C. Wenzig 8. 158 S. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Verfasser untersucht die Gegensätze der Erkenntnisrichtungen, weist sie als gleichberechtigte, sich ergänzende Methoden nach und gibt vom Standpunkte der modernen Auffassung eine Einführung in die philosophischen Probleme.

Aus dem Inhalt: Der Gedanke des Weltprinzips. — Die evolutionistische Theorie. — Ihre Überwindung. — Der Begriffsrealismus. — Der mathematische Realismus. — Die naturwissenschaftlichen Formen des Materialismus. — Der Psychologismus. — Ergebnisse.

Einführung in die Ästhetik der Gegenwart Von Prof. Dr. E. Meumann 8. 154 S. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Nach einer kurzen Einleitung in die Geschichte der Ästhetik entwickelt M. die verschiedenen in der Gegenwart vorherrschenden Gegensätze und Richtungen. Die Ansichten ihrer namhaftesten modernen Vertreter werden dargestellt und kritisch gewürdigt unter Ausscheidung der wertvollen und bleibenden Ansichten, die zur Lösung der schwebenden ästhetischen Fragen die Grundlage bilden.

Rousseau Von Prof. L. Geiger 8. 160 Seiten mit einem Porträt. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Wir verfolgen die wechselvollen Schicksale seines Lebens, überblicken im Zusammenhang sein Verhältnis zu den Frauen, zum Theater, zur Literatur, zur Musik 2c. und lernen die wichtigsten seiner Werke eingehend in ihrer weltgeschichtlichen Bedeutung kennen, so „Die Bekenntnisse“, „Die Discours“, „Die neue Heloise“, den „Emil“, den „Gesellschaftsvertrag“ sowie seine späteren Schriften.

Geschichte · Geographie · Volkswirtschaft

Die babylonische Geisteskultur in ihren Beziehungen zur Kulturentwicklung der Menschheit Von Prof. Dr. H. Winckler 8. 156 S. Geh. 1 M., geb. 1.25 M.

Wir sehen, wie die babylonische Kultur im Mittelpunkte orientalischer Kulturentwicklung nach allen Seiten ausstrahlte und zur Bildung einer einheitlichen Weltanschauung und Wissenschaft beigetragen hat. Astronomie, Maße und Gewichte, Zeitrechnung, Mythologie und Mythus, Kult der Götter usw. werden geschildert und die Entwicklung der bibl. Religion in ihren Beziehungen zum Kulturleben des Orients dargelegt.

David und sein Zeitalter Von Prof. Dr. Baentsch. (vgl. Religion).

Mohammed und die Seinen Von Prof. Dr. H. Reckendorf 8. 158 S. Geh. 1 M. In Originalleinenbd. 1.25 M.

„R. gibt uns einen klaren Einblick in die Verhältnisse, unter denen sich die Begründung des Islam vollzog, läßt Mohammeds schicksalsreiches Leben an uns vorüberziehen, zeigt uns sein Wirken als Religionsstifter, Heerführer und Staatsmann und erschließt uns so das Verständnis für diese psychologisch merkwürdige Persönlichkeit."
(Schulbl. f. Hessen. 1907. Nr. 13.)

Eiszeit und Urgeschichte des Menschen Von Prof. Dr. J. Pohlig 8. 149 S. mit zahlr. Abb. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Auf Grund der neuesten Ergebnisse der Wissenschaft erhält der Leser ein anschauliches Bild von den landschaftlichen Wirkungen des Eises, der Bildung der Flußtäler und Höhlen, dem Leben des Urmenschen, seiner tierischen und pflanzlichen Begleiter. Stets geht Pohlig aus von dem gegenwärtigen geologischen Bilde unserer Heimat, lehrt den Leser dieses zu beobachten und selbständig weiter zu forschen.



a. Feuerstein-Messerklinge aus Magdalenium von La Madeleine.
b. Knochendolch aus der Kulnahöhle in Mähren.
Aus: Pohlig, Eiszeit und Urgeschichte des Menschen.

Die Alpen Von Priv.-Doz. Dr. F. Machaček 8. 160 S. mit zahlreichen Profilen und typischen Landschaftsbildern Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Ein Begleiter für die ständig wachsende Zahl der Alpenfreunde die sich nicht mit einem mehr oder minder gedankenlosen Herumreisen begnügen, sondern aus dem Geschauten auch Belehrung und Nutzen holen wollen. Es werden geschildert die Grenzen und Gliederung der Alpen, die geologische Entwicklungsgeschichte, die physikalischen Verhältnisse des Wassers (als Fluß, See, Gletscher ꝛc.) die klimatischen Verhältnisse, das Leben der Tier- und Pflanzenwelt, die prähistorischen Siedelungen, die spätere Kolonisation, die heutige Nationalitätenverteilung, die Siedlungsformen und Erwerbsverhältnisse der Bevölkerung.

Volksleben im Lande der Bibel Von Prof. Dr. M. Löhr (vgl. Religion).



Das Matterhorn. Aus: Machaček, Die Alpen.



Bismarck, Buchschmuck von Bruno Héroux.
Aus: Unsere religiösen Erzieher.

Politik Von Prof. Dr. Fr. Stier-Somlo 8. 170 S. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Die Grundprobleme der für jede politische Bildung unentbehrlichen Staatslehre ziehen am Leser vorüber: Wesen und Zweck, Rechtfertigung und typischer Wandlungsprozeß des Staates; seine natürlichen und sittlichen Grundlagen mit Hinblick auf geographische Lage, Familie, Ehe, Frauenfrage und Völkerkunde. Staatsgebiet, Staatsvolk und Staatsgewalt mit ihrem reichen Inhalt, Staatsformen und Staatsverfassungen werden geprüft und gewertet. Monarchie und Volksvertretung, Parteiwesen und Imperialismus, kurz alle unsere Zeit bewegenden politischen Ideen kommen zur Sprache, um den Leser — unterstützt durch reiche Literaturangaben — anzuregen zu eigenem Denken über die Basis unseres politischen Lebens und ihm den Weg frei zu machen zu reifer Erkenntnis und besonnener Tat. „Eine Fundgrube von unentbehrlichen, allgemein-politischen Kenntnissen, die dadurch an Wert gewinnen, daß alle seine Darlegungen ebenso leichtverständlich gefaßt sind, wie sie wissenschaftlich tief begründet sind!"

Regierungsrat Professor Dr. A. Lotz (Preuß. Verwaltungsbl. Jg. 28 Nr. 41)

Die Deutsche Reichsverfassung Von Geh. Rat Prof. Dr. Ph. Zorn 8. 124 S. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Ein Grundriß des deutschen Reichsstaatsrechtes. Die deutsche Staatsentwicklung der Neuzeit wird unter vergleichender Heranziehung der Staatsentwicklung der anderen europäischen Kulturvölker behandelt und der Staatscharakter des Reiches sowie seine Organisation in Kaisertum, Bundesrat, Reichstag und Reichsbehörden dargestellt.

Die moderne Großstadt und ihre sozialen Probleme Von Priv.-Doz. Dr. A. Weber 8. 154 Seiten Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

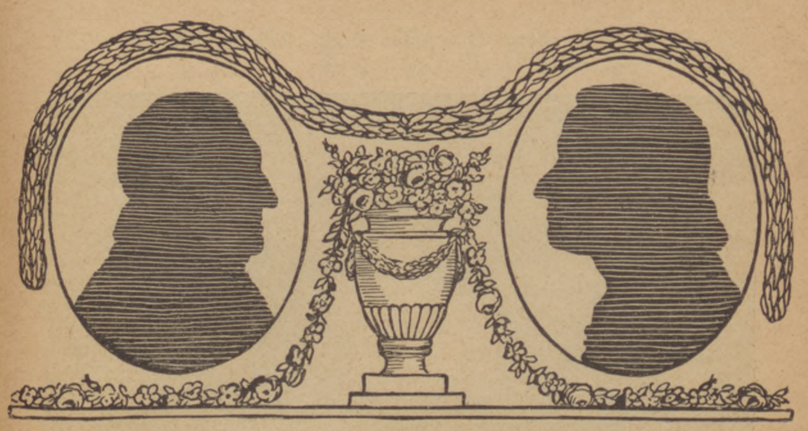
Würdigt die Großstadt als kulturellen und sozialen Faktor, gibt ein Bild des großstädtischen Familienlebens und der Wohnungsverhältnisse, behandelt das großstädtische Verkehrsproblem, die städtische Armut und Armenfürsorge und schließt mit einem Kapitel über Volksbildung und Volksgeselligkeit. Licht und Schattenseiten der Großstadt werden in gleicher Weise aufgezeigt und Richtlinien für die Bekämpfung der letzteren gegeben.

Die Frauenbewegung in ihren modernen Problemen Von Helene Lange 8. 150 S. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Eine Einführung in den Gedankengehalt der Frauenbewegung aus der Feder einer ihrer berufensten und verdientesten Führerinnen. In zwei grundlegenden Kapiteln werden die wirtschaftlichen Momente einerseits, die geistigen andererseits in ihrer Bedeutung für die Frauenbewegung gegeneinder abgewogen. Darauf aufbauend werden die vier Hauptprobleme der Bewegung erörtert, die Frauenbildungsfrage, die Stellung der Frauenbewegung zu Familie und Ehe, der Konflikt: Beruf und Mutterschaft und schließlich die Frage der sozialen und politischen Stellung der Frau. Der Leser erhält so einen Überblick über den ganzen Komplex der Anschauungen, die sich in den praktischen Bestrebungen der Frauenbewegung durchsetzen wollen, sowie über den augenblicklichen Stand der Meinungen und Richtungen.



Hansen, Parlament in Wien.
Aus: Strzygowski, Die bildende Kunst der Gegenwart.



Schiller und Goethe, Buchschmuck von Bruno Héroux.
Aus: Unsere religiösen Erzieher.

Sprache ✦ Literatur ✦ Kunst

Unser Deutsch Einführung in die Muttersprache Von Geh. Rat Prof. Friedrich Kluge 8. 150 S. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

„. . . Professor Kluge in Freiburg, ein hervorragender Forscher auf dem Gebiete der deutschen Sprachwissenschaft, gibt uns in zehn Essays einen Überblick über die gesamte Entwicklung unserer Sprache und verwertet dabei die Ergebnisse seiner bahnbrechenden Forschungen über die deutschen Standes- und Berufssprachen . . Auch solche, welche ihren „Behagel" oder ihren „Weise" über die deutsche Sprache studiert haben, werden viel Neues darin finden." Bad. Schulztg. 2. 1907.

„In jedem der zehn Essays erkennen wir den hervorragenden Gelehrten, der hoch über der Sache steht, der überall aus dem vollen schöpft und mit vollendeter Darstellungskunst die Ergebnisse ernster wissenschaftlicher Forschung in einer Form bietet, die jedem Gebildeten die Lektüre des Buches zu einer Quelle des Genusses macht."
Südw. Schulbl. Nr. 2, 1907.

„Eine äußerst wertvolle Arbeit bietet Kluge. Da sprudelt lebendiges Wissen, wie es der wahren Bildung dient; alles systematische ist vermieden." Sächs. Schulztg. Nr. 8, 1906.

Inhalt: 1. Das Christentum und die deutsche Sprache. — 2. Sprachreinheit und Sprachreinigung. — 3. Die Grenzen der Sprachreinheit. — 4. Die Entstehung unserer Schriftsprache. — 5. Standes- und Berufssprachen. — 6. Geheimsprachen. — 7. Studentensprache. — 8. Seemannssprache. — 9. Weidmannssprache. — 10. Ein Reichsamt für deutsche Sprachwissenschaft.



Aus. H. von der Pfordten, Beethoven.

Der Sagenkreis der Nibelungen Von Prof. Dr. G. Holz 8. 132 S. Geh. 1 M. In Originallbd. 1.25 M.

Verfasser behandelt die über die ganze germanische Welt des Mittelalters, besonders über Deutschland und Skandinavien verbreiteten, vielbesungenen Erzählungen von Siegfrieds Heldentum und Tod, sowie von dem ruhmreichen Untergange des Burgundenvolkes durch die Hunnen. Entstehung und Weiterbildung der Sage werden geschildert, ein Einblick in die Quellen gewährt und die nordische wie germanische Überlieferung auf Form u. Inhalt untersucht. Durch Gegenüberstellung dieser verschiedenen Überlieferungen insbesondere in den Liedern der Edda und im Epos von „der nibelungen not" wird die Sage auf eine älteste Gestalt zurückgeführt und ihre geschichtlichmythische Grundlage gezeigt.

„Es ist ein Genuß, die beweiskräftigen und scharfsinnigen Ausführungen zu lesen." M. A. Lau. Schul-Museum, 4. Jg. Nr. 6.

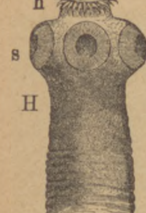
Heinrich von Kleist Von Prof. Dr. H. Roetteken 8. 152 Seiten. Mit einem Porträt des Dichters. Geh. 1 M. Geb. 1.25 M.

Unter Verwertung der neuesten Forschungen gibt dies Buch eine kurze Biographie, besonders aber eine feinsinnige ästhetische und psychologische Analyse seiner Werke. Stets bildet Kleists Schaffen den Ausgangspunkt der Darstellung und in ihm sehen wir seine Lebensschicksale sich spiegeln. Als psychologisches Erlebnis tritt uns so seine Dichtung erst recht nahe und wir gewinnen ein anschauliches Bild des Menschen und Dichters.

Beethoven Von Prof. Dr. Herm. Freiherr von der Pfordten 8. 151 S. Mit einem Porträt des Künstlers von Prof. Stuck. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Ein Wegweiser zu Beethovens künstlerischer und menschlicher Größe möchte dieses kleine Werk sein. Es ist von einem geschrieben, dem es ernst ist mit der Kunst und der es verstanden, Beethovens titanische Größe zu ahnen. Deshalb sollte jeder zu dem Buche greifen, der von demselben Streben erfüllt ist. Er findet hier nicht nur eine Charakteristik dieser gewaltigen Persönlichkeit, sowie eine kurze Erzählung seines Lebens, sondern vor allem eine Einführung in seine Werke. Die Sonaten und die Kammermusik, die Symphonien, insbesondere die neunte, der Fidelio, die Missa Solemnis sowie die letzten Werke des Meisters finden eine eingehende Würdigung und Erklärung. Überall werden uns die Wege gewiesen, um in die Tiefe Beethoven'scher Musik einzudringen und den Menschen und Künstler in seinem innersten Wesen zu erfassen.

Naturwissenschaften • Technik
Gesundheitslehre



Der Kopf des bewaffneten Bandwurms. H Hals. s Saugnapf. h Hakenkranz. Aus: v. Graff, Das Schmarotzertum.

Das Schmarotzertum im Tierreich und seine Bedeutung für die Artbildung

Von Prof. Dr. L. von Graff
8. 136 S. mit 24 Textfiguren Geh. 1 M.
In Originalleinenband 1.25 M.

Sorgfältig ausgewählte —, reich illustrierte Beispiele geben die Grundlage für die allgemeinen Erörterungen über den Einfluß des Schmarotzertums auf den Parasiten in Form und Bau, in Fortpflanzungsverhältnissen, Wanderungen und Entwicklung, über die Entstehung der heutigen Formen des Parasitismus, sowie die ihm innewohnende Zweckmäßigkeit unter besonderer Berücksichtigung der Parasiten des Menschen.

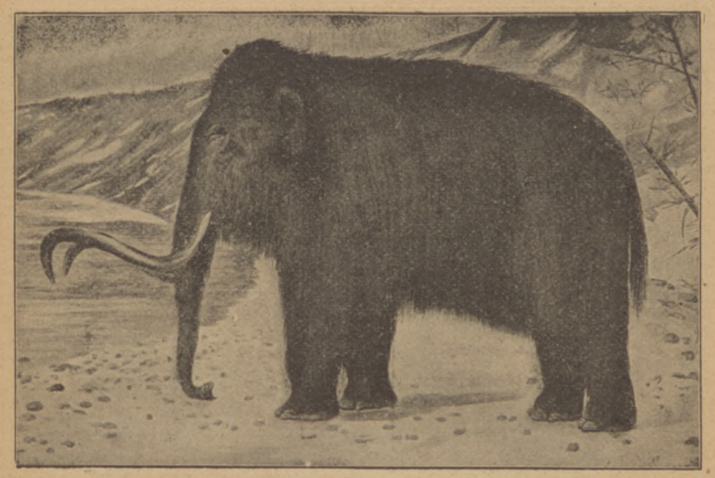
Befruchtung und Vererbung im Pflanzenreiche

Von Prof. Dr. Giesenhagen 8. 136 S. m. 31 Abb. Geh. 1 M.
In Originalleinenband 1.25 M.

Die einzelnen Kapitel behandeln die ungeschlechtliche Fortpflanzung und die Übertragung erblicher Eigenschaften durch vegetative Zellen, den Befruchtungsvorgang sowohl bei den blütenlosen, wie den Blütenpflanzen. Der Bedeutung der Vererbung für die Entstehung neuer Formen ist ein besonderer Abschnitt gewidmet.



Empusa muscae.
A Eine vom Pilz getötete Stubenfliege von einem Hof abgeschleuderter Sporen umgeben.
B Verschiedene Entwicklungsstadien der Sporen an den aus dem Fliegenleibe hervortretenden Pilzfäden (stark vergrößert).
Aus: Giesenhagen, Befruchtung und Vererbung im Pflanzenreiche.



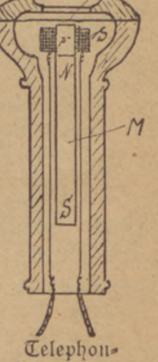
Das Mammut nach dem neuen Beresowka-Kadaverfund.
Aus: Pohlig, Eiszeit und Urgeschichte des Menschen.

Die Bakterien und ihre Bedeutung im praktischen Leben Von Priv.-Doz. Dr. H. Miehe 8. 146 S. mit zahlr. Abb. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

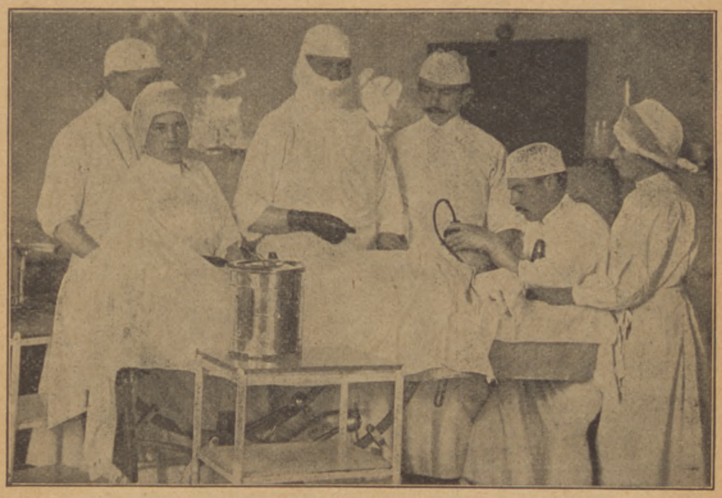
Ihre Formen, Lebens- und Ernährungsweise werden eingehend behandelt und in ihrer Bedeutung für den Menschen betrachtet, sowohl als Helfer in der Natur und in der Industrie, wie als Feinde durch Verderben der Nahrungsmittel, Krankheitserreger usw. Ein Schlußkapitel zeigt die Mittel ihrer Bekämpfung.

Die Elektrizität als Licht- und Kraftquelle Von Priv.-Doz. Dr. P. Eversheim 8. 123 S. mit zahlr. Abb. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Eine gemeinverständliche Einführung in die wichtigsten elektrischen Einrichtungen und Vorgänge unter Erklärung ihrer wissenschaftlichen Grundlagen. Es wird behandelt: Wesen, Wirkungen und praktische Anwendungen des elektrischen Stromes bei den Induktionsvorgängen (Induktionsapparat und Dynamomaschine), zur Kraftübertragung und Leuchtzwecken in der Schwachstromtechnik (Telegraphie und Telephonie, sowie Telegraphie ohne Draht) usw.



Telephondurchschnitt.
Aus: Eversheim, Die Elektrizität.



Ausführung einer aseptischen Operation. Aus: Tillmanns, Mod. Chirurgie.

Einführung in die Elektrochemie Von Prof. Dr. Bermbach 8. 150 S. m. zahlr. Abb. Geh. 1 M. geb. 1.25 M.

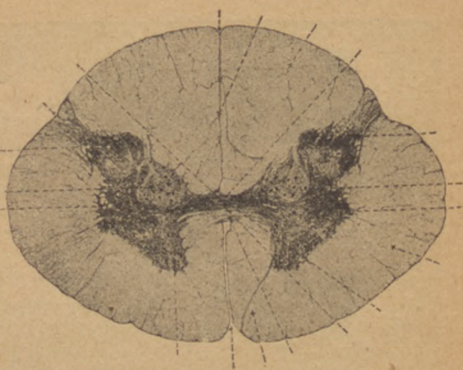
Ein Überblick über die Grundbegriffe der modernen Elektrochemie und eine vorbereitende Einführung in das Studium umfangreicherer Werke. Die wichtigsten in der Elektrochemie oft vorkommenden Grundbegriffe und Grundgesetze werden besprochen.

Telegraphie und Telephonie Von Telegraph.-Dir. und Dozent F. Hamacher 8. 144 S. mit zahlr. Abbild. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Dieser Leitfaden will ohne Fachkenntnisse vorauszusetzen die zum Verständnis und zur Handhabung der wichtigsten technischen Einrichtungen auf dem Gebiete des elektrischen Nachrichtenwesens erforderlichen Kenntnisse vermitteln, insbesondere aber in den Betrieb des Reichstelegraphen- und Telephonwesens einführen.

Das Wetter und sein Einfluß auf das praktische Leben Von Prof. Dr. C. Kassner 8. 160 S. mit zahlr. Abb. und Karten. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Nach einer kurzen Geschichte der Wettervorhersage (der 100jährige Kalender etc.), erklärt der Verfasser eingehend die meteorologischen Grundlagen der modernen Wettervorhersage, sowie ihrer Organisation, und legt den Einfluß des Wetters auf Handel, Industrie, Verkehr usw. und auf den Menschen selbst dar.



Lebensfragen Der Stoffwechsel in der Natur Von Prof. Dr. F. B. Ahrens 8. 159 S. m. Abb. gh. 1 M. gb. 1.25 M.

Zeigt den Verbrauch der verschiedenen Bestandteile unseres Körpers und die Bestimmung der Nahrungsstoffe zum Ersatz und Unterhalt der Lebensfunktionen. Dabei werden unsere wichtigsten natürlichen und künstlichen Nahrungs- und Genußmittel auf ihren Nährwert und Bedeutung geprüft.

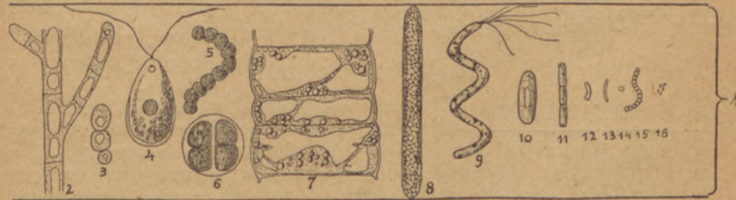
Rückenmarksquerschnitt. Aus: Schuster Nervensystem.

Das Nervensystem und die Schädlichkeiten des täglichen Lebens Von Priv.-Doz. Dr. Schuster 8. ca. 138 S. mit zahlr. Abb. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Dessen Bau, die verschiedenen nervösen Veranlagungen und Belastungen, sowie die wichtigsten Nervenkrankheiten und ihre Heilmethoden werden besprochen, insbesondere die Ernährungsfragen, die Einwirkungen von Alkohol, Tabak, Morphin, Kokain, die Gefahren der verschiedenen Berufsarten, die Folgen von körperlicher und geistiger Überanstrengung 2c.

Die moderne Chirurgie für gebildete Laien Von Geheimrat Prof. Dr. H. Tillmanns 8. 160 S. mit ca. 100 Abb. Geh. 1 M. In Originalleinenband 1.25 M.

Gewährt einen Einblick in die moderne chirurgische Wissenschaft, in die allgemeine Operations- und Verbandstechnik, in die Entstehung und Verhütung von Infektionskrankheiten usw., will Verletzten und Kranken ein zuverlässiger Berater sein, insbesondere auch mit Rücksicht auf die erste Hilfe bei Unfällen.



Verschiedene Mikroorganismen bei 500facher Vergrößerung in ein ebenfalls 500 mal vergrößertes Menschenhaar eingezeichnet. Aus: Miehe, Bakterien.



Paulus, Buchschmuck von Bruno Héroux.
Aus: Unsere religiösen Erzieher.

Unsere religiösen Erzieher

Eine Geschichte des Christentums in Lebensbildern
herausgegeben von Prof. Lic. **B. Bess**

2 Bände zu je 280 S. mit Buchschmuck von Bruno Héroux
geschmackvoll broschiert je M. 3.80, in Originalleinenband je M. 4.60

Band I

Band II

Aus dem Vorwort

Was wir wollen

Wir wollen eine Sammlung lose sich aneinander reihender Biographien der hervorragendsten Typen christlicher Frömmigkeit darbieten — eine Sammlung, die in ihrer Zusammenfassung ein Bild der Entwicklung des Christentums gibt, in ihren einzelnen Teilen aber den Blick schärfen soll für das in allen Wandlungen konstante Wesen jener Frömmigkeit. Wir wollen den religiösen Unterricht ergänzen und vertiefen, indem wir die großen religiösen Erzieher

der christlichen Menschheit von Moses bis Bismarck in ihrer zeitgeschichtlichen Besonderheit und zugleich in ihrer bleibenden Bedeutung für die Gegenwart vor Augen führen. Wir haben, im übrigen von verschiedener Richtung, den gleich strengen wissenschaftlichen Maßstab an unsere Arbeiten gelegt. Unter Verwertung aller bis heute zu Gebote stehenden Forschungen haben wir nicht darauf verzichtet, auch den zeitgeschichtlichen Hintergrund und den äußeren Lebenslauf der einzelnen Männer zu schildern. Aber immer war unser Augenmerk darauf gerichtet, die Persönlichkeit als solche herauszubringen, die Entwicklung ihres Innenlebens, ihre Stellung zu Gott, ihre Erfassung und Fortbildung des christlichen Gedankens zu verdeutlichen. Sind wir doch der Überzeugung, daß, um religiöse Erkenntnis anzuregen und religiöses Leben zu fördern, nichts so geeignet ist als die Berührung mit gleichgearteten machtvollen Persönlichkeiten.



Luther, Buchschmuck von Bruno Héroux. Aus: Unsere religiösen Erzieher.

Die Religion ist das Persönlichste in uns. Wenn sie nichts Angelerntes, nichts Gewohnheitsmäßiges ist, dann hängt sie mit den ursprünglichsten Regungen unseres Bewußtseins zusammen, dann ist sie recht eigentlich der Ausdruck dessen, worin wir uns als selbständiges Individuum fühlen.

Und im Christentum hat dieser persönliche Charakter der Religion seine Vollendung erfahren. So hat sich auch eine Geschichte des Christentums vor allem mit den Persönlichkeiten zu befassen.

Die Aufgabe war dieselbe; aber die Methode mußte wechseln je nach dem Charakter der Zeiten, und das Resultat stellt sich verschieden dar je nach Art der Quellen, die uns überliefert sind.

Wir konnten nicht darauf verzichten, auch die Vorbereitung des Christentums durch die großen Propheten Israels in unseren Rahmen einzuschließen, und in die geschichtliche Reihe mußten wir auch den hineinstellen, der eigentlich über ihr steht und der Anfänger und Vollender unseres Glaubens mit Recht heißt.

Auch für den Entwurf seines Bildes konnten in erster Linie nur wissenschaftliche Maßstäbe in Betracht kommen, und es galt die echt menschliche Persönlichkeit herauszuschälen aus dem, womit der Glaube vergangener Zeiten sie umwoben hat.

Unsern Glauben zum Ausdruck zu bringen, war hier nicht der Ort. Denn gerade das wollten wir nicht, eine bestimmte Art der Glaubensüberzeugung unseren Lesern nahezulegen. Wir wollen nur anregen zu selbständiger Erwerbung solcher Überzeugung. Aber wir wollen auch jede Engherzigkeit fernhalten, indem wir ihren Blick richten auf die verschiedenartigen Ausprägungen des einen christlichen Geistes.

Das walte Gott! Der Herausgeber.

Der Sinn und Wert des Lebens für den Menschen der Gegenwart

Von Geheimrat Professor Dr. **R. Eucken** in Jena. ca. 160 Seiten. In Büttenumschlag ca. M. 2.20, in Originalleinenband ca. M. 2.80.

Die neue Schrift des großen Jenaer Philosophen wendet sich an die immer wachsende Schar derer, die nach Klarheit über die Grundfragen menschlichen Seins ringt. Sie stellt unser Leben in seinen verschiedensten Äußerungen in ein durchaus neues Licht, vermag so zu neuen positiven Ergebnissen zu gelangen und neue Richtlinien für eine sinngemäße Lebensführung aufzustellen.

Praktische Fragen des modernen Christentums

Fünf Vorträge von Priv.-Doz. D. Förster-Frankfurt a. M. • Pfarrer Jatho-Köln • Prof. Dr. Arnold Meyer-Zürich • Privatdozent Lic. Niebergall-Heidelberg • Pfarrer Lic. Traub-Dortmund. Herausgeg. von Professor Dr. H. Geffken-Köln. 8. 142 S. Brosch. M. 1.80, in Originalleinenband M. 2.20.

Dies Buch will allen denen Anregungen und Hilfe bieten, welche eine Weltanschauung gewinnen oder in sich festigen möchten, die von unbefangenem Wahrheitssinn getragen, Glauben und Wissen zu versöhnen sucht und sich daher gleichzeitig echt christlich und echt modern nennen darf. Da die Verfasser sich jeweils besonders eingehend mit der religiösen Erziehung unserer Jugend befassen, und hier aus ihrer reichen, praktischen Erfahrung heraus beherzigenswerte Ratschläge erteilen, wird dies Büchlein allen Eltern und Lehrern eine willkommene Einführung in diese zurzeit so im Vordergrunde des Interesses stehenden Fragen sein.

„Jeder Lehrer und jeder Geistliche müßte die Vorträge lesen und immer wieder lesen. Mögen diese Heroldsrufe die Verbreitung finden, die sie verdienen.“ Pfeifer, Leipz. Lehrerzeitung. 14. Jg. Nr. 43.

„Sämtliche Vorträge sind **hervorragende Zeugnisse** der kritisch klärenden und zugleich positiv bauenden Pionierarbeit moderner Theologen.“ Bithorn. („Die christliche Welt“. Nr. 25. 1907.)

Aus dem Inhalt: Was halten wir von der Taufe (Traub) — Welche Bedeutung hat für uns das Abendmahl (Jatho) — Wie erziehen wir unsere Jugend zu wahrer Frömmigkeit (Arnold Meyer) — Konfirmationsnöte (Niebergall) — Was sind uns die kirchlichen Bekenntnisse (Förster).



Böcklin, Toteninsel.
Aus: Strzygowski, Die bildende Kunst der Gegenwart.

Die bildende Kunst der Gegenwart

von Josef Strzygowski, ord. Prof. a. d. Universität Graz. 300 Seiten mit 68 Abbildungen. In Büttenumschlag Geh. M. 4.—. In Originalleinenband M. 4.80.

„In seiner temperamentvollen, rasch und fest zupackenden Art hat Strzygowski eine Reihe von Erscheinungen herausgegriffen, an denen er charakteristische Züge der modernen Kunstbestrebungen klarlegen zu können glaubt. Berücksichtigt stand alle Zweige der bildenden Kunst: Architektur, Kunstgewerbe, Ornament, Bildhauerei, Griffelkunst, Malerei. . . . Es geht ein frischer, stark persönlicher Zug durch das Buch, eine sympathische, begeisterungsfähige Wärme, trotzdem der Verfasser über die gegenwärtigen Kunstzustände keineswegs optimistisch denkt."

Prof. Dr. Richard Streiter (Beilage der Allgemeine Zeitung No. 126, 1907).

„. . . Nach so vielen Dithyramben und Pamphleten ist es wahrhaft erfrischend, ein Buch über die moderne Kunst zu lesen, das wesentlich vom Standpunkte des Historikers aus geschrieben ist. Strzygowski kennt und liebt diese Kunst, er glaubt unerschütterlich an ihre Zukunft, und er bewundert aufrichtig die Energie und Selbstverleugnung, mit der sie ihren Zielen nachstrebt. Aber er hat auch einen scharfen Blick für das viele Ungesunde und Verkehrte, das überall im modernen Schaffen hervortritt. . . ."

Prof. Semrau in Breslau.

„Die künstlerische Erziehung ist so eingehend gewürdigt worden, daß schon dieses Kapitel genügen würde, die Blicke der Lehrerschaft auf das Werk zu richten."

(Pädag. Zeitung. 32. Jahrg. No. 9).



Der Tafelberg bei Kapstadt.

Südafrika

Eine Landes-, Volks- und Wirtschaftskunde
von Professor Dr. SIEGFRIED PASSARGE

gr. 8. 352 S. mit über 50 Abbild., zahlreichen Profilen und 33 Karten geschmackvoll broschiert M. 7.20, in Originalleinenband M. 8.—

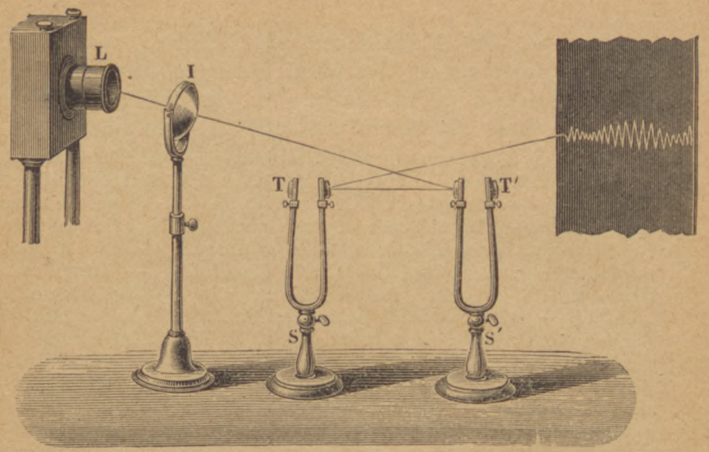
Gestützt auf jahrelange Studien und eigene Beobachtungen im Lande selbst gibt der Verfasser eine großzügige Gesamtdarstellung Südafrikas und seiner heutigen Verhältnisse. Nach einem Überblick über die Entdeckungsgeschichte des Landes schildert er dessen oro- und hydro-graphischen Verhältnisse, Klima, geologischen Aufbau, Tier- und Pflanzenwelt usw. Wir erhalten ein anschauliches Bild von den natürlichen Landschaften, den wirtschaftlichen Grundlagen der einheimischen Bevölkerung, von ihrer heutigen Kultur, von den so interessanten vorgeschichtlichen Kulturen, sowie von den verschiedenen europäischen Kolonien. Besonders eingehend behandelt Verfasser dabei die Gebiete der Goldbergwerke und Diamantfelder. Für die Erschließung unserer Kolonien gibt er beachtenswerte Richtlinien und lehrt uns dieses eigenartige Land verstehen.

Nicht nur für den Gelehrten, sondern in erster Linie für den Praktiker, den Wirtschaftsgeographen u. National-

ökonomen, den Kaufmann und Offizier, sowie den Kolonialpolitiker ist das Werk bestimmt. Insbesondere aber für jeden Gebildeten, der die Zukunft unseres Kolonialbesitzes mit Anteil verfolgt. Aus dem Inhalt: Südafrika, seine Abgrenzung und Weltstellung. — Die Entdeckungsgeschichte Südafrikas. — Die orographischen und hydrographischen Verhältnisse. — Die klimatischen Verhältnisse. — Die geologischen Formationen. — Übersicht über die geologische Geschichte Südafrikas. — Die Vegetationsverhältnisse. — Die Tierwelt. — Das Angolahochland. — Das Südwestafrikanische Hochland. — Das Burenhochland. — Das südafrikanische Küstenvorland. — Das Matabelehochland. — Das Nordrhodesische Hochland und die Südäquatoriale Wasserscheide. — Das Südafrikanische Becken (Kalahariregion). — Die Entstehung der Kalahari und das Problem der Klimaänderung in Südafrika. — Die Kulturbedingungen. — Kurzer Abriß der Geschichte Südafrikas. — Die Verbreitung der Rassen und Völker. — Körperliche und geistige Eigenschaften. — Die südafrikanischen Sprachen. — Allgemeiner Überblick über die Kulturverhältnisse Afrikas. — Der ursprüngliche Kulturbesitz der Eingeborenen Südafrikas. — Vorgeschichtliche Kulturen. — Die europäische Kultur. — Die portugiesischen und deutschen Kolonien. — Britisch Südafrika. — Die zukünftige Entwickelung Südafrikas.



Sulufrauen
beim Mahlen des Hirsekorn. Auf dem großen Stein wird das Korn mit kleinerem Mahlstein gerieben und das Mehl in den Kalatassen aufbewahrt.



Anwendung der optischen Methode zur Untersuchung zusammengesetzter Schwingungen.
Aus: Starke, Einführung in das Wesen und die Bildung der Töne.

Die neueren Forschungen auf dem Gebiet der Elektrizität und ihre Anwendungen. Gemeinverständlich dargestellt von Prof. Dr. Kalähne. gr. 8. 326 Seiten mit zahlreichen Abbildungen. Brosch. M. 4.40. In Originalleinenband M. 5.20.

Ein knappes, allgemeinverständliches, keine mathematischen Kenntnisse voraussetzendes Handbuch der neuesten Forschungsergebnisse und Fortschritte der Elektrizitätslehre. Alle wichtigen Theorien der elektrischen und magnetischen Erscheinungen werden besprochen, insbesondere die Elektronentheorie, die elektrischen Schwingungen und Wellen, die Telegraphie ohne Draht nebst deren neuesten Fortschritten, die elektrischen Entladungen in Gasen, sowie die Erscheinungen der Radioaktivität usw.

Die moderne Physik. Ihre Entwicklung. Von L. Poincaré. Übertragen und mit Anmerkungen versehen von Privat-Dozent Dr. Brahn. 8. 284 S. Geh. M. 3.80 In Originalleinenband M. 4.40.

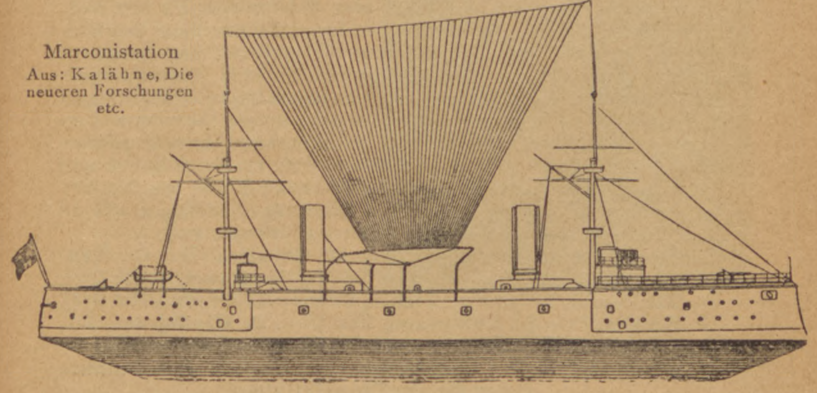
Das Buch gibt einen klaren und interessanten Überblick über die Entwicklung der modernen Physik in den letzten Jahrzehnten. Der bekannte französische Physiker faßt in Kürze die Arbeiten aller Kulturnationen zusammen und zeigt die großen Veränderungen, welchen alle Probleme in Inhalt und Auffassung in den letzten

Jahren unterworfen gewesen sind. Den in allerletzter Zeit in den Vordergrund getretenen Fragen werden umfangreiche Kapitel gewidmet, so der Ionentheorie, den Kathodenstrahlen, den radioaktiven Körpern, der Telegraphie ohne Draht, ganz besonders den Beziehungen zwischen Äther und Materie, die augenblicklich so stark diskutiert werden. Doch werden außerdem die theoretisch wichtigen Grenzgebiete von Chemie und Physik auseinandergesetzt, die sonst den Physikern weiter abliegen. Die historische und theoretisch-philosophische Behandlung der physikalischen Messungen und der Grundprinzipe bildet den glänzendsten Teil des Werkes. Der Stil ist einfach und klar, das Werk insbesondere für Naturforscher aus anderen Gebieten als der Physik und für Laien geschrieben.

Einführung in das Wesen und die Bildung der Töne in der Instrumentalmusik und im Gesang

Von Prof. Dr. H. Starke. c. 224 S. Geh. M. 3.80, geb. M. 4.40.

Hier ist der Versuch gemacht, die naturwissenschaftliche und ästhetische Musiklehre einem allgemeineren Kreise zugänglich zu machen. Nach einer physikalischen Beschreibung der verschiedenen Schwingungsbewegungen, deren Fortpflanzung im Raume, sowie der Anwendung der Ergebnisse auf die akustischen Schwingungen und die Schallwellen, wird die musikalische Verwertung der Töne, ihre Vereinigung zu Akkorden und die Entwicklung der verschiedenen Tonleitern besprochen. Hierauf lernen wir die charakteristischen Eigenarten der musikalischen Klänge und ihre physiologische Begründung kennen. Die Saiten und Blaseinstrumente, die Instrumente mit unharmonischen Tönen, sowie die menschliche Stimme, insbesondere die Technik des Gesanges finden hier ihre Behandlung.



Marconistation
Aus: Kalähne, Die neueren Forschungen etc.



Aus: Knabe, Aus der antiken Geisterwelt.

Pädagogisches Archiv Monatsschrift für Erziehung und Unterricht Herausgegeben von Oberlehrer Dr. G. **Frick** in Halle a. S. 50. Jahrg. 36—40 Bg. Jahrespreis 12 M.

Das „Pädagogische Archiv“, mit dem 50. Jahrgang wesentlich umgestaltet und erweitert, stellt sich auf den Boden der durch die jüngste Schulreform geschaffenen Zustände und will in innerer positiver Arbeit an ihrem Ausbau und ihrer rechten Durchführung arbeiten; so wird es namentlich für eine planmäßige Verknüpfung der einzelnen Unterrichtsfächer, für die Sichtung des jedesmaligen Lehrstoffes für die Pflege einer zielbewußten Methodik eintreten und zum Austausch pädagogischer und didaktischer Erfahrungen als dem wichtigsten Mittel für die Fortbildung des im praktischen Amte stehenden Lehrers anregen. Es unterhält enge Fühlung mit den Vertretern gelehrter Forschung, um die Ergebnisse ihrer Arbeit in schulwissenschaftliche Münzen umzuprägen und wird in regelmäßigen Berichten auch das ausländische Schulwesen zum Vergleich unserer heimischen Verhältnisse heranziehen. Gestützt auf die Mitarbeit führender pädagogischer wie wissenschaftlicher Autoritäten stellt es ein groß und vornehm angelegtes Fachorgan dar, das von hoher Warte aus die vielfachen Strömungen unseres höheren Schulwesens verfolgen und zu ihrer Klärung wie gründlichen Würdigung beitragen will.

Mitarbeiter des 50. Jahrgangs: Prof. Dr. **Paulsen**, Dir. Dr. **Neubauer**, Dir. Dr. **Knabe**, Prov.-Schulrat Prof. Dr. **Cauer**, Hofrat Prof. Dr. **Willmann**, Stadtrat Dr. **Ziehen**, Prof. Dr. **Dürr**, Geh. Rat Prof. Dr. **Eucken**, Prof. **Fr. Kuhlmann**, Dir. Prof. Dr. **Wychgram**, Dir. Prof. Dr. **Nath**, Dir. **Baltzer**, Prof. Dr. **Wendt**, Geh. Reg.-Rat Dr. **Heussner**, Hofrat Prof. Dr. **Strzygowski**, Prof. Dr. **R. Lehmann**, Hofrat Dir. Dr. **Thumser** usw.

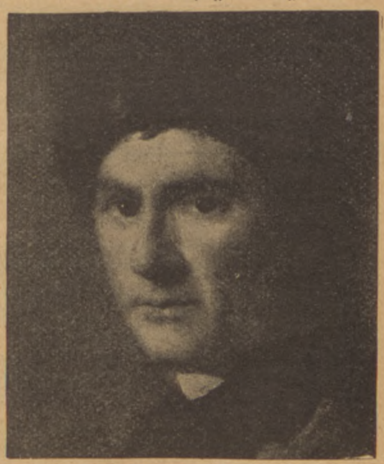
Briefe Adolf Diesterwegs Im Auftrage des Vorstandes des Deutschen Schulmuseums mit Anmerkungen herausgeg. von Adolf Rebhuhn. 8. 160 S. m. 2 Faksimiletafeln. In Büttenumschl. 2 M., in Originalleinenbd. 2.60 M.

Diese sorgfältig ausgewählte Briefsammlung gibt nicht nur ein abgerundetes Bild von Diesterwegs eigenartiger Persönlichkeit, sondern sie gewährt auch einen Einblick in das hervorragende pädagogische und politische Wirken dieses um die gesamte Lehrerschaft verdienten und von ihr verehrten Mannes. Als ein Dokument deutscher Kultur aus der Zeit der Revolution und Reaktion wird das schön ausgestattete Buch bei der ganzen Lehrerschaft freundliche Aufnahme und größte Verbreitung finden.

Die Lehre von der Aufmerksamkeit Von Prof. Dr. E. Dürr gr. 8. 203 S. Geh. 3.80 M. geb. 4.40 M.

Es sind die interessanten Fragen menschlichen Seelenlebens, geistige Produktion, Denk- und Willenstätigkeit, die der Verfasser hier in klarer, fesselnder Darstellung behandelt. Die gewonnenen Ergebnisse sind nicht nur wissenschaftlich wertvoll, sondern auch für das praktische Leben wichtig. Psychologen, Pädagogen und Philosophen werden sich in gleicher Weise mit dem Werke befassen müssen.

Einführung in die Pädagogik Von Prof. Dr. E. Dürr
8. c. 220 S. Geh. c. 3.80 M., in Originalleinenb. c. 4.40 M.



Jean Jacques Rousseau
Aus: Geiger, Rousseau

Dieses Werk will nicht nur ein historischer Überblick über die verschiedenen pädagogischen Richtungen sein, vielmehr wird hier vor allem das Wesen und die Aufgabe des Erziehungswerkes ohne jede dogmatische Voreingenommenheit bestimmt, die Methoden der Wertwissenschaft und der Psychologie, wie sie in der empirischen Forschung der letzten Jahrzehnte herausgebildet worden sind, zur Lösung einzelner pädagogischer Grundfragen herangezogen und gezeigt, auf welchen Fundamenten eine wissenschaftliche Pädagogik auf psychologischer Grundlage aufzubauen ist.

		1 Mark.			9 Mark.
		2 Mark.			6 Mark.
		4 Mark			12 Mark
Zusammen 7 Mark			Zusammen 27 Mark.		

Aus: Gerlach, Schöne Rechenstunden.

Methodisches Handbuch zu Sprachübungen Von Dr. R. Michel und Dr. G. Stephan, Schulinspektoren gr. 8. 165 S. Geh. 2 M., geb. 2.40 M.

Stoffsammlung zu Sprachübungen Mit einem Anhang allgemeiner Stilregeln von Schulinspektor Dr. R. Michel. gr. 8°. 39 S. Broschiert —.20 M.

„Ein tüchtiges Buch, das, auf dem Boden der Erfahrung und wissenschaftlich begründeter Einsicht in die Forderungen des deutschen Unterrichts erwachsen und von warmer Freude an der Muttersprache genährt, sich für die Arbeit am deutschen Sprachgut der Schule als treffliches Hilfsmittel erweisen kann. . . . Es darf jedem Lehrer des Deutschen mit einem Nimm und lies! in die Hand gegeben werden. Auch Mitgliedern pädagogischer Seminare kann es zum Studium oder für mündliche und schriftliche Berichte empfohlen werden."

Geh. Reg.-Rat Dr. Jos. Buschmann. Monatsschr. f. höh. Schulen, 9. u. 10. H., 6. Jg.

„So bietet das Buch eine Fülle von Anregungen, und es ist der lebhafte Wunsch berechtigt, daß es in allen Schulen Eingang finden und — was die Hauptsache ist — eifrig benutzt werden möchte. Dann wird sicher der Unterricht in der deutschen Sprache durch bessere Erfolge belohnt werden, als es bis jetzt leider der Fall gewesen ist."

Allg. Deutsche Lehrerzeitung, 10. Nov. 57. Jahrg.

Anleitung zur Aufsatzbildung Lehrplan und Anschauungsbeispiele Von Schuldirektor Dr. A. Bargmann in Meißen gr. 8. 183 S. mit einem Abbildungsanhang. Geh. 2.60 M. In Originalleinenband 3.40 M.

Kein neuer Beitrag zu dem genügend behandelten „geschriebenen" Aufsatz des Deutschunterrichts. Hier werden in durchaus neuer Weise die Vorzüge der Aufsatzbildung als inneres Erlebnis der Kinderseele betrachtet und auf die biblische Geschichte, Bibelkunde, Profangeschichte, Naturgeschichte, Naturlehre, Erdkunde angewandt. So wird das Studium des Buches den Leser befähigen, den Zusammenhang der einzelnen Fächer und ihren Betrieb zu überschauen und eine Fülle von Anregungen für den Unterricht zu empfangen.

Anweisung zum Unterricht in der Himmelskunde und Klimakunde Lehrplan und Lektionen Von Schuldirektor Dr. A. Bargmann gr. 8. 208 S. mit über hundert Abbildungen und Musterformularen. Geh. 2.40 M. In Originalleinenband 3.— M.

Nach jahrelangen Erfahrungen im Unterricht zeigt der Verfasser in diesem aus der Praxis hervorgegangenen Buche, wie auch der Schüler der Volksschule an Hand eigener Beobachtungen und mit Hilfe ganz einfacher selbstgefertigter Werkzeuge den Himmel über seiner Heimat und das Klima seines Ortes beobachten lernt.

Aus dem Inhalt: Beobachtungen und Erfahrungen. — Lektionen des 6. Schuljahres: Gestalt der Erde, geographische Breite, Tag und Nacht und geographische Länge, Wärmequelle, Unterschied zwischen Tag und Nacht. Die Wende. Die Niederschläge. — Lektionen des 7. Schuljahres: Der Mond. Die Wandelsterne. — Lektionen des 8. Schuljahres usw.

Von schönen Rechenstunden Anregungen und Vorschläge für eine Reform des Rechenunterrichts von Lehrer A. Gerlach in Bremen 8. c. 150 S. Geh. c. 2.40 M. In Originalleinenband c. 2.80 M.

Falsche Zielsetzung sowie die herrschende Drillmethode im heute üblichen Rechenunterricht nehmen die Kräfte der Schüler in unverantwortlicher Weise in Anspruch und beeinträchtigen nach dem Urteil unserer berufensten Schulmänner die Resultate des Unterrichts. Im Gegensatz dazu läßt der bekannte Bremer Methodiker das Kind nur am besten ideenreichen, lebendigen Stoffe die für das Leben nötige technische Gewandtheit, sowie ein gutes Maß an Denkfähigkeit erwerben und weist neue Wege, die von innerer fröhlicher Teilnahme der Schüler zu „schönen Rechenstunden" führen.

Aus der Werkstatt der Schule Studien über den inneren Organismus der höheren Schulen Von Stadtrat Dr. Julius Ziehen in Frankfurt a. M. 8. 216 S. Geh. 4 M. In Originalleinenband 4.60 M.

Verfasser behandelt in diesen Aufsätzen jene zentralen Fragen der Unterrichtsmethoden, die einerseits die Richtung, andererseits die Erweiterung und Vertiefung der Lehrstoffe betreffen, und gibt aus reicher Erfahrung heraus die verschiedensten Anregungen für eine belebende und innerlich bildende Lehrweise.

„So dürfte die Lektion dieses Werkes jeden Pädagogen, der es ernst mit seinem Berufe nimmt, zum Nachdenken und Weiterarbeiten anregen und ihm wertvolle Fingerzeige für seinen Unterricht geben."

Bad. Schulztg. 1907, Nr. 35.

Aus der antiken Geisteswelt Ein Ergänzungsbuch für den Unterricht an Realanstalten von Dr. Karl Knabe, Direktor der Oberrealschule zu Marburg 124 S. In Originalleinenband 1.60 M. (Von dem Großh. Badischen Oberschulrat empfohlen)

„Solche Bücher können dazu dienen, den deutschen Unterricht auf seinem ästhetischen und philosophischen Gebiete und den historischen Unterricht kräftig zu unterstützen, auch können sie in der Richtung wirken, in welcher die Kunsterziehungstage Beschlüsse gefaßt haben."

Geh. Rat Prof. Dr. Ad. Matthias, Berlin,
Intern. Wochenschr. I. Jg. 17. VIII.

„Und so wünschen wir von ganzem Herzen, daß das schöne, auch äußerlich würdig ausgestattete Buch bald zum eisernen Bestand aller Lehrer- und Schülerbibliotheken gehören und im Unterricht die weiteste Verwendung finden möge: eine nachhaltige Befruchtung und Belebung der verschiedensten Unterrichtsfächer wird der sichere Lohn sein."

Dr. Woldemar Schwarze,
Zeitschrift für den Deutschen Unterricht. 21. Jahrg. 2. Heft.

Hausaufgaben und höhere Schulen Von Oberlehrer Karl Roller 8. 143 S. Geh. 2.80 M. In Originalleinenband 3.20 M. (Von dem Großh. Badischen Oberschulrat und dem Großh. Hessischen Ministerium empfohlen)

„Jedem, der die Hausaufgabenfrage in den höheren Schulen noch nicht selbst eingehend studiert hat, ist Rollers Buch bestens zu empfehlen, da es das Thema nach seinen verschiedenen Seiten behandelt."

Prof. Dr. Leo Burgerstein, Wien.
Zeitschr. f. Schulgesundheitspflege 1907, Nr. 4, S. 26.

Lessings Laokoon In gekürzter Fassung herausgeg. von Dr. AUGUST SCHMARSOW, Geh. Rat, ord. Prof. a. d. Universität Leipzig. 8. Textausgabe: IV u. 66 S., brosch. M. —.40. Kommentar für die Hand des Lehrers: ca. 160 S., geh. M. 1.60.

Diese gekürzte Textausgabe will allen Lesern dienen, denen es darauf ankommt, den Gedankeninhalt der Schrift möglichst rein zu erfassen und dessen meisterhafte Darstellung frei von gelehrtem Beiwerk zu genießen. So dürfte dies Büchlein sowohl für die private Lektüre wie insbesondere für den Gebrauch in der Schule besonders geeignet sein.
Die Anmerkungen der Textausgabe beschränken sich auf das Unentbehrlichste, um dem „Kommentar“ und den „Erläuterungen“ für die Hand des Lehrers, die in einem eigenen Bändchen folgen, nicht vorzugreifen.

Zur Fortbildung der Schülerinnen der höheren Mädchenschule Von Schulrat Prof. Dr. GAUDIG, Direktor der städtischen Höheren Schule für Mädchen nebst Lehrerinnenseminar in Leipzig. 8°. 60 S. Geschmackvoll broschiert M. —.80.

„Einer der geistvollsten Mädchenschulpädagogen legt in diesem Aufsatz seine, von anderen wesentlich abweichenden Ansichten dar. Er ist Gegner des Lateinunterrichts für Mädchen, Befürworter eines der weiblichen Art angepaßten besonderen Bildungsganges.“ Neue Bahnen. 1906. Nr. 23.

Hygienelehrtafel für Schüler Der deutschen Jugend gewidmet vom Berliner Verein für Schulgesundheitspflege. 84×63 cm 50 Pf., 50 Exempl. à 40 Pf., 100 Exempl. à 30 Pf., 500 Exempl. à 25 Pf., 1000 Exempl. à 20 Pf. Aufziehen eines Exempl. 60 Pf.

Diese Tafel, die in ihrer sorgfältigen Ausstattung jedem Schulzimmer zum Schmucke dienen wird, führt den Schülern die wichtigsten Gesundheitsregeln in prägnanten, nach Form und Inhalt dem Verständnis der Kinder angepaßten Sätzen dauernd vor Augen. Neben Belehrungen allgemeinen Inhalts werden spezielle Verhaltungsmaßregeln über Ordnung, Reinlichkeit und Mäßigkeit gegeben, und fast alle brennenden Fragen der modernen Hygiene gestreift. Dem Lehrer und Schularzt werden auf diese Weise Anknüpfungspunkte geboten, um bei passender Gelegenheit die Kinder im weitesten Umfange über die betreffenden Fragen aufzuklären.

Schule und Haus. Von Oberlehrer E. BERG. gr. 8°. 36 S. Broschiert 80 Pf.

Eine Neubegrenzung der Rechte und Pflichten von Schule und Haus und ein Wegweiser für den lebendigen Verkehr zwischen Eltern und Lehrern.

Das Ehrgefühl und die Schule. Von Oberlehrer B. LIPPOLD. 8°. 50 S. Geschmackvoll brosch. 80 Pf.

Eine Sichtung und Zusammenstellung der einschlägigen Fragen sowie Richtlinien ihrer Lösung für die Schule.

Die Bedeutung der Farbenblindheit. Von Prof. Dr. P. HOFFMANN. 8°. 32 S. Geschmackvoll brosch. 80 Pf.

Ratschläge für die Untersuchung des Farbenempfindens der Kinder und für die dazu dienenden Hilfsmittel. Zahlreiche Beispiele.

Philosophische Propädeutik. Beiträge zu ihrer Behandlung in Prima. Von Prof. Dr. K. TROOST. gr. 8°. 42 S. Brosch. 80 Pf.

Anleitung zur Behandlung der wichtigsten philosophischen Fragen unter historischen Gesichtspunkten an den Oberklassen humanistischer Anstalten.

Künstlerische Heimatkunde von Hamburg und Umgebung. Von Oberlehrer Dr. R. MAACK. 8°. 48 S. Geschmackvoll brosch. 80 Pf.

Ein Beitrag zur Belebung der heimatlichen Kunst und zur Übung des Geschmackes. Verfasser zeigt an den Beispielen der Stadt Hamburg, wie das Interesse der Jugend für die engere Heimat geweckt werden kann.

Das Schulkonzert. Ein Beitrag zur Frage der Kunsterziehung an Gymnasien. Von Dir. Dr. WEISWEILER. 8°. 48 S. Geschmackvoll brosch. 80 Pf.

Erörtert die Bedeutung der Musik für die Schule, den erzieherischen Wert des Gesangunterrichtes, insbesondere des Schulkonzerts. Es ergeben sich daraus wichtige Folgerungen für die Gestaltung des Gesangunterrichtes und die Vorbildung ihrer Vertreter.

Unsere heutigen Lehrmittel besonders für die Naturwissenschaften, Kindermuseen, Schulgärten. Von Prof. Dr. M. DÖHLER. gr. 8°. 41 S. Geschmackvoll brosch. 80 Pf.

„Die Ausführungen des Verfassers ... verdienen zweifellos tatkräftige Beachtung, namentlich in Kreisen der Schulleiter und derjenigen Behörden, welche die nicht beträchtlichen Mittel zur Durchführung solcherPläne bereitzustellen haben werden.“ Naturwissensch. Wochenschr. Nr. 18. 1907.

Blütenbiologie der Heimat. Von Prof. Dr. H. FRANCK. 8°. 34 S. Geschmackvoll brosch. 80 Pf.

Eine klare Darstellung einer grossen Anzahl charakteristischer Blütenformen und ihrer Fortpflanzung.

Praktische Schülerarbeiten in der Physik. Von Oberlehrer Dr. W. LEICK. 8°. 47 S. Geschmackvoll brosch. 80 Pf.

Eine Darstellung von Zweck und Betrieb der physikalischen Schülerübungen und eine Zusammenstellung der wichtigsten Gesichtspunkte in zahlreichen Beispielen.

Physikalische Schülerübungen in den oberen Klassen. Von Oberl. Dr. W. KAISER. 8°. 47 S. Geschmackvoll brosch. 80 Pf.

Diese Zusammenstellung erprobter, mit den einfachsten Mitteln auszuführender Übungen enthält Aufgaben aus allen Gebieten und von allen Grundformen.

Astronomie in der Schule. Von Prof. Dr. GNAU. 8°. 47 S. Geschmackvoll brosch. 80 Pf.

Verfasser zeigt, welche Stellung der Unterricht in der Astronomie, d. h. der sogenannten mathematischen Geographie zu den übrigen Fächern einnehmen sollte, erörtert die Frage nach den speziellen Erfolgen sowie den Formen und materiellen Zielen jener Disziplin und entwirft dementsprechend einen Lehrgang und Lehrplan.

Bestellzettel

M Bei ....

Buchhandlung in ....

bestelle ich hiermit aus dem Verlage von
Quelle & Meyer in **Leipzig** [zur Ansicht]:

........**Unsere religiösen Erzieher.** 2 Bände à M. 3.80 brosch., M. 4.60 geb.

........**Praktische Fragen des modernen Christentums.** Brosch. M. 1.80, geb. M. 2.20.

........**Eucken,** Sinn und Wert des Lebens. Brosch. c. M. 2.20, geb. M. 2.80.

........**Strzygowski,** Die bildende Kunst der Gegenwart. Brosch. M. 4.—, geb. M. 4.80.

........**Passarge,** Südafrika. Brosch. M. 7.20, geb. M. 8.—.

........**Kalähne,** Elektrizität. Brosch. M. 4.40, geb. M. 5.20.

........**Starke,** Wesen und Bildung der Töne. Brosch. M. 3.80, geb. M. 4.40.

........**Poincaré,** Die moderne Physik. Brosch. M. 3.80, geb. M. 4.40.

........Ferner ....

....

....

........**Wissenschaft und Bildung.** Geh. M. 1.—, geb. M. 1.25.

....

....

....

....

Ort und Datum: Name:



